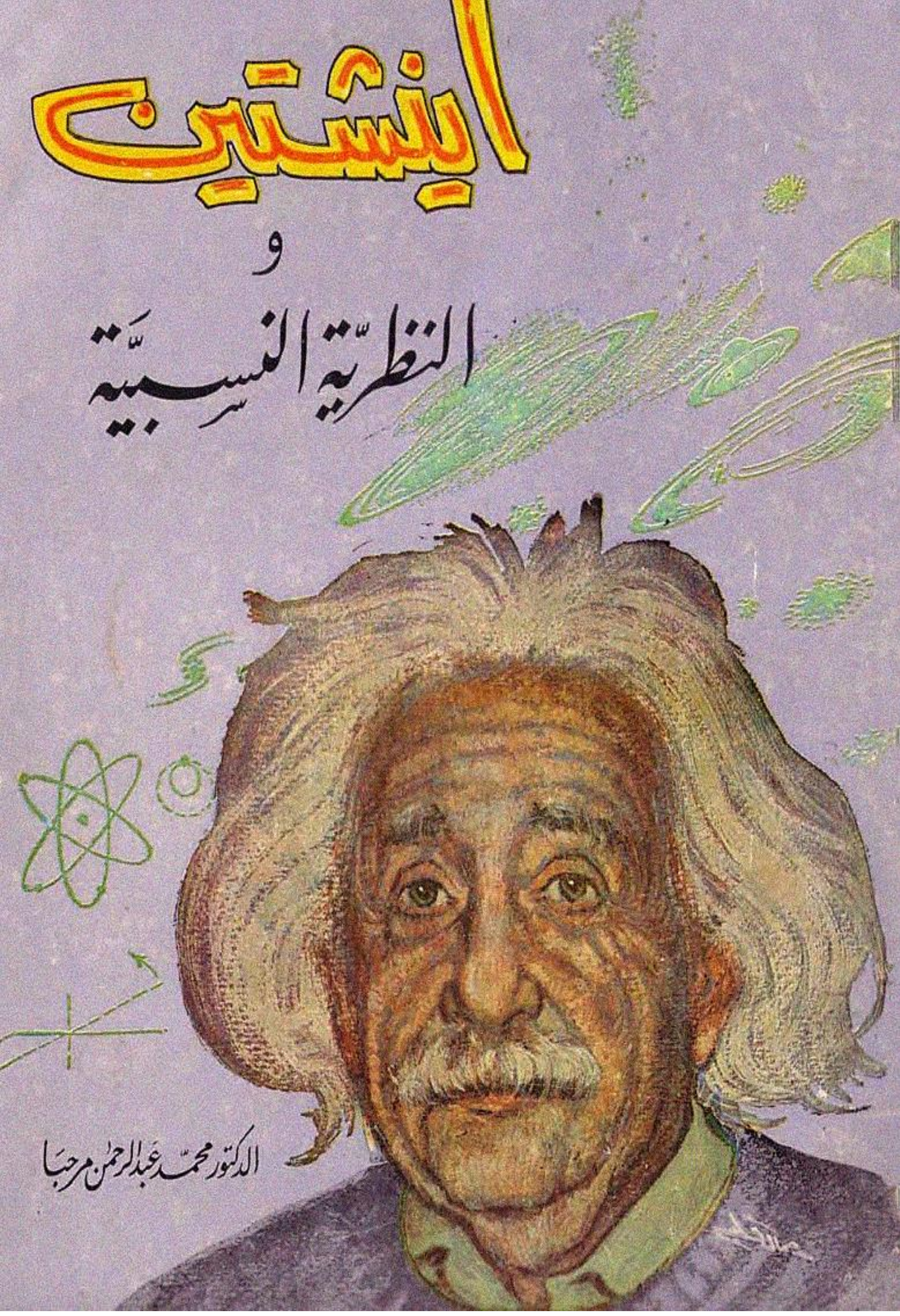

اينشتين
و
النظريّة النسبيّة
الدكتور محمّد عبد الرحمن مرحبا

الدكتور
عبد الرحمن مرحبا

انشتين و النظرية النسبية

دار القلم
بيروت - لبنان

الطبعة الأولى كانون الثاني ١٩٥٨
« الثانية آذار ١٩٦٣
« الثالثة شباط ١٩٦٤
« الرابعة حزيران ١٩٦٩
« الخامسة تموز ١٩٧٠
« السادسة تموز ١٩٧٢
« السابعة نيسان ١٩٧٤

ان اشد الاشياء استغلاقا على العقل
في هذا العالم ان العالم يمكن تعقله .

انشتين

المقدمة

إن من أهداف هذه «الموسوعة» ان تعرض القضية الفلسفية عامة وأن تقدم إلى المواطن العربي خلاصة وافية للتيارات الفلسفية في العالم لا سيما ما تعلق منها بفلسفة العلوم — أو الفلسفة العلمية — وأن تفتح عينه على عصره الخصب المسراع المتطور ، وتبصره بعظم المساهمة النبيلة التي قام —ولا يزال— يقوم بها أساطين الفكر في العالم ، وتقفه على الخدمات الجلى التي أسدوها إلى الحضارة الانسانية حتى بلغت مبلغها اليوم . وهي تأمل أن تصبح زاداً فكرياً لا غنى للمثقف العربي عنه وعوناً له على حل مشكلاته ، ووازعاً لكل ما يفتق قريحته ويطلق وحيه والهامه ويزيد إيمانه بعبقرية الفكر .

ولن تألو هذه « الموسوعة » جهداً في أن تلين من قناة الفلسفة والفلسفة العلمية بنوع خاص ، وتذلل شعابها ، وتبسط صفاتها ، دونما سطحية مسفة ، تقنية منفرة ، بحيث يفهمها كل من صح عزمه ، ويألف جوها كل من صدقت نيته ، فلا يلبث أن يتذوقها ويسيغها كما يتذوق القصص والشعر ويسيغه ..

ويقيننا أن هذه « الموسوعة » قد ولدت لتعيش ، وأن في قيامها في هـذه

الحقبة من تاريخنا ما يَعيـدُ بأحسن النتائج وأطيب الثمرات .

●

وقد آثرنا أن نتوج العدد الأول منها بالكلام عن آينشتين لما يتمتع به من عبقرية فذة ، ولأنه خير من يمثل هذا العصر ، ولتهيئة الأذهان لفهم ما يتلو هذا العدد من أبحاث ، وحديثاً قيل : « إذا أردت أن تفهم القرن العشرين فعليك بآينشتين أولاً » .

ان نظرية آينشتين هي من أشد نظريات العلم تعقيداً وابهاماً . ومع ذلك فاني سأذللها للافهام تذليلا ، وسأطوعها للأذهان تطويعاً ، وسأظهرها في ثوب قشيب وحلة زاهية . ولن أخوض في الذيول الرياضية ولا التفاصيل الفنية التي تعقد ذهن القارىء وتفقده ثقته بنفسه . وسأحرص كل الحرص على ألا يذهب التلخيص بعبقرية هذه النظرية وألا يسلبها حقيقتها ورواءها . فإن وُفقتُ فهذا غاية ما أرجو والا فلست أول من أخفق .

وسأقسم هذا الكتيب إلى ثلاثة أقسام : فأتكلم في القسم الأول عن سيرة آينشتين وقصة حياته السياسية والاجتماعية . وقد أطلت الكلام في هذا الباب لثلاثة أسباب : أولاً انه لا يوجد في العربية ترجمة وافية لحياة هذا الرجل . وثانياً لأن نشر حياة العظماء له أثر تربوي كبير في نفوس الناشئة ، فلا يتسرب اليها القنوط، بل يحفزها حال العبقري إلى النضال والمثابرة وينبهها إلى امكانياتها الزاخرة عسى أن تتهيأ لها أسباب الخلق وتساهم في مجد الفكر . ثالثاً لأن في تتبع حياة صاحب نظرية من النظريات معواناً للقارىء على ان يحيا هذه النظرية ويتمثلها ويندمج في جوها .

واتكلم في القسم الثاني عن نظرية النسبية الخاصة والعامة وعن نظرية المجال الموحد . واتكلم في القسم الثالث عن فلسفته .

واني لأرجو أن يقع هذا العدد الأول من نفوس القراء موقعــــاً حسناً وأن يكون مقدمة طيبة لما سيعقبه من أبحـــاث . واني أتقبل كل نقد نزيه رائــده الاخــلاص والصدق وقائده المصلحة العامة والوصول إلى الحقيقة . ولا أبرىء نفسي ان النفس خطـّاءة ضلاّلة ، وخير الخطأ ما استُدرك .

عبد الرحمن مرحبا

١

ان ابعد ما تذهب اليه ذاكرة آنشتين هو ان اسلافه من ابيــه وامه كانوا يعيشون في مدائن صغيرة او في دساكر من مقاطعة شوابن جنوبي غربي المانيا . لقد كانوا جميعاً من الطبقة المتوسطة ، ولم ينجب منهم ابداً من يسترعي الانتباه في قوة الذكاء او حدة الذهن او فيض القريحة . يقول آنشتين في هذا الصدد : « ان الظروف التي كانوا يعيشون فيها كانت ضحالاً فلم تتح لهم مجـالاً للظهور » .

ولقد كان ذلك حال اليهود عموماً في ذلك الصقع : خمول وكسل وتواكل . ولم تكن لهم رابطة تجمعهم كشأن سائر يهود العالم . وكذلك لم تستأثر التوراة بالبابهم فكانت تنزل منهم منزلة اي كتاب ادبي من ادباء الالمان الكلاسيكيين . فكان شيلر ولسنج وهاين يعدلون سليمان وكتاب ايوب ، لا سيما الاول ، فقد كان يحتل مكاناً خاصاً في قلوبهم وفي تنشئة ذراريهم .

●

ولد البرت آنشتين في ١٤ آذار (مارس) عام ١٨٧٩ في اولم وهي مدينة صغيرة من اعمال ورتنبرغ لم يكن لها شأن يذكر في حياته ، لان عائلته قـد انتقلت الى ميونيخ بعد عام من ولادته . وفي العام التالي ولدت له اخت فكانا

وحيدي ابويها . لقد كانت ميونيخ — وهي الحاضرة التي قضى آنشتين شرخ شبابه فيها — المركز السياسي والعقلي لالمانيا الجنوبية .

لقد كان هرمـــان آنشتين — والد البرت — صاحب مصنع كهر — كيمائي صغير يشرف عليه هو وأخوه الذي كان يساكن العائلة ، فكان هذا المدير الفني ، وكان هرمان مموّل المشروع . وكان يحلو له وقـــد انجز عمله اليومي ان يرتفق اسرته الى ظاهر المدينة ليروحوا عن أنفسهم . فكانوا يقصدون الى الجبـال الراسية والبحيرات الحالمة والسهب الوادعة . لقـد كان الاب مارقاً من الدين ، ولم يبق له من تقاليد العائلة اليهودية سوى التعلق بالشعر الالماني ، ولا سيما شيلر وهاين . وامـــا الصوم والطقوس الدينية الاخرى فلم تكن في نظره الا من خرافات القرون الاولى . والخلاصة ان العادات اليهودية القديمة قد زالت من افراد العائلة معالمها ، وكانت مسرحيات شيلر وقصائده بديلا لهم من قـــراءة التوراة .

واما من الناحية السياسية فقد كان والد آنشتين كشأن غيره يرهب الحكم البروسي ، ولكنه كان يعجب ايما اعجاب بالدولة الالمانية الناشئة واقطابها ، بالرئيس بسمارك ، والجنرال مولتكيـه ، والامبراطور الشيخ غليـــوم الاول .

واما والدة آنشتين — بولين كوخ — فقـد كانت من عشاق الموسيقى ومن صاحبات النكتة ، وهما خلتان بارزتان ستورثهما الى وليدها .

لقد كان العم الذي يساكن الاسرة اكثر من الوالد اهتمامـاً بدقائق الامور العقلية . فهو مهندس محنك ، واليه ينزع البرت الصغير في كلفه بالرياضيات .

●

لا جرم ان هذه البيئة التي نشأ فيهـــا البرت آنشتين ، وهي بيئة نصف ريفية ، كان لها اثر كبير في نموه النفسي . فهو لم يصبح قط من عشاق المدن ، فكان دائماً يشفق من برلين ، وكذلك سيكون موقفه من نيويورك . وقريب من هذا طابعه الفني الذي بدا لسكان برلين العصريين هوساً قديماً . فهيامه برجال الادب والموسيقى الكلاسيكين من الالمان ظهر في عصر كانت الدوائر العقلية فيه من العاصمة الالمانية تنظر الى هذه الاذواق نظرتها الى شيء قديم قد مضى عهده . وهكذا كان تعلقه بشيلر من الملامح التي جعلتـــه من أتباع حضارة لا تنتسب الى برلين القرن العشرين .

●

لم يكن البرت الصغير طفلاً فذاً ، بل لقـــد استغرق تعليمه النطق وقتاً طويلاً ، حتى لقد خشي ذووه أن يكون به ُجنّة . وأخيراً بدأ الطفل ينطق ، ولكنه ظل صموتاً ولم يأنس الى اللعب والركض . ولعل ذلـــك لضعف في بنيته . ولقد حبب اليه الخلاء منذ نعومة أظفاره ، فكان ينعزل عن أقرانـه ويستغرق في التأمل الطويل وكان أبغض الاشياء اليه أن يشارك الاطفال في العابهم العسكرية وأن يشهد الاستعراضات التي كان يقوم بها الجنود الحقيقيون . وكان يقول لابويه : « أرجو ألا أكون أحـــد هؤلاء البؤساء عندما أصبح كبيراً » ولعل هذه الكراهية اولى بوادر كرهه للحرب وحبه للسلام ودعوته للتفاهم بين الشعوب .

●

وفي المدرسة كان البرت التلميذ اليهودي الوحيد بين التلاميذ الكاثوليك .

وكان من أخص ما يمتاز به شعوره الديني آنذاك انه لم يكن يرى كبير فرق بين الكثلكة التي تلقاها في المدرسة وبين رواسب التقاليد اليهودية التي ترعرع عليها في البيت . وقد انصهر ذلك كله في نفسه واستحال الى احساس عميق بخضوع الكون باسره لنواميس عامة لا يخرج عليها . وكان يضيق ذرعاً بأبويه عندما كانا يسخران بالطقوس الدينية ، لأن شعوره القوي بهذه النواميس وهو لا يزال طفلاً لم يجد متنفساً له خيراً من احترام تلك الطقوس ، فكان يرى ان هـذه السخرية تشعر بعدم انسجام التفكير ، وتظهره بمظهر المتمرد على النواميس السرمدية لهذا العالم .

●

وكانت نظرته الى المدرسة الالمانية في ذلك العهد لا تختلف عن نظرته الى الثكنات العسكرية . فالتلاميذ يخضعون فيها لسلطة مؤسسة آلية ، تعصر الفرد ولا تدع له مجالاً لاظهار امكانياته . فهم مقسورون على ضغط مـواد الدراسة ضغطاً آلياً ، والنظام والطاعة هما جل ما يطلب منهم . يجب ان يجلسوا كأنما على رؤوسهم الطير عندما يخاطبهم الاستاذ ، ولا يجـوز لهم أن يتكلموا اذا لم يُسألوا . وفي المدرسة الثانويـة كان يسخر من دراسة اللاتينية واليونانية اللتين كان يلقى في روع التلاميذ تعسفاً ان تعـلم نحوهما امر لا غنى عنه لتدريب الفكر وشحذ القريحة .

●

لقد عرض عليه والده وهو ما يزال حدثاً بوصلة صغيرة ، فكان لهـا اعمق الاثر في نفسه بإبرتها الممغنطة السحرية التي تشير دائماً الى جهة بعينها مهما تكن وجهة اطارها . وعلى الرغم ألا وجود حولها لما يثير حركتها ، فقد استخلص طفلنا أن الفضاء الذي نعده خالياً لا بد أن يوجد فيـه ما يحرك الاجسام ويجعلها تدور في اتجاه بعينه . وسيكون لذلك أثر وأي أثر في حمـل آنشتين الرجل على التفكير في خصائص الفضاء الملـغزة .

ولما بلغ أشده اشتد ميله الى علوم الطبيعة ، فكان يقبل على كتب التبسيط العلمي للجمهور بنهم بالغ ، واهمها كتب هرون برنشتين في الحيوان والنبات والنجوم والشهب والبراكين والزلازل والمناخ ونحو ذلك ، وكذلك كتب بوخنر لذي جمع معارف عصره ونظمها في قالب تصور فلسفي للوجود .

ان هيام البرت بالرياضيات قد ظهر في البيت لا في المدرسة : فعمه لا أستاذه هو الذي اوقفه لاول مرة على حقيقة علم الجبر قائلا له : « انه علم فيه سلوى . فعندما لا يقع الحيوان الذي نطارده في قبضتنا فاننا نسميه (س) مؤقتاً ، ونظل نطارده حتى نقنصه » . فبهذا الضرب من التعلم وجد البرت متعة في حـــل المسائل البسيطة .

ووقع في يدة لاول مرة وهو الثانية من عمره موجز في علم الهندسة وهـــو الكتاب المقرر من الفصل المدرسي الذي جاء للالتحاق به . فانكب على دراسته بنفسه لم ويدعه الا بعد ان فرغ من قراءته . فاعجب اشد العجب بطريقـــة العرض التي ُتتبع في هذا العلم وبتلاحق الادلة فيه التي يأخذ بعضها برقـــاب بعض ، وبوضوح الفكرة .

●

ومنذ السادسة من عمره حرص ابواه على تعليمه العزف على الكمان ، فلم يجد في ذلك اولا سوى ضرب من الاكراه جديد يضاف الى سلسلة متاعبه المدرسية . لكنه ما إن بلغ الثالثة عشرة حتى تعلم سونات موزارت وكلف بها اي كلف واجاد العزف اي اجادة !

●

وفي الرابعــة عشرة طرأ تحول كبير على شعوره الديني . فبينا تلقى تعليماً كاثوليكياً في المدرسة الابتدائية ، واذا به في فترة التعلم الثانوي يتلقى التعليم اليهودي مع رهط من ابناء دينه . فاستهوته اول الامر تعليقات احبار اليهودية على حِكمَ سليان واجزاء اخرى من العهد القديم التي تعالج المسائل الخلقية .

لكنه من ناحية اخرى كان يشمئز لرؤية التلاميذ يساقون كالاغنـــام الى اداء فرئضهم الدينية سواء أنسوا بها ام لم يأنسوا . فلم يطق هذة الحال ولم يجد في طقوس ملته الا خرافات عفى عليها الزمن من شأنهـا ان تعوق حرية الفكر . فكفر بها ، ثم كفر بكل دين ، وظل على ذلك طيلة حياته .

●

ولما بلغ البرت الخامسة عشرة من عمره انتابت والده صعوبات مالية جعلته يحزم امره لمغادرة مونيخ ، والهجرة الى ميلان بايطاليا للعمل فيهـــا . لكن البرت لم يكن قـــد اتم دراسته الثانوية بعد ، فلقد كان من المسلم به في ذلك الوقت ان شهادة التعليم الثانوي لا بد منها لدخول الجامعة . لذلك كان لزاماً عليه ان يظل وحده في ميونيخ .

لقد كان البرت متفوقاً على جميع اقرانه في الرياضيات ، ولكنــه لم يكن كذلك في اللغات القديمة . فـكان يتألم اشد الألم لاضطراره الى تعلم مـــواد لا يرغب فيها ، لكنها ضرورية للنجاح في الامتحان . وكان يضيق ذرعاً برفاقه الذين كانوا يلحون عليه بضرورة مشاركتهم في الالعاب الرياضية . لقد كان في الغالب على وفاق معهم ، ولكنه كان يكره النظام المدرسي والروح المدرسية حتى ضاق به الطلاب والاساتذة على السواء .

ولما كان يطمح ان يكون حر الفكر مستقله فان تبرمه بمنـــاهج الدراسة البالية اخذ يزداد يوماً بعد يوم . لقد كان من اشد الاشياء على نفسه ان يسرد اشياء لا يفهمها وان يحفظ قواعد لا يؤمن بها ، وكان في احيان كثيرة يؤثر القصاص على هذه الحياة المملة . ثم لم يلبث أن ترك المدرسة غير آسف عليها بعد أن حصل من استاذه على شهادة يُقر له فيهـــا تفوقه في الرياضيات ، فمساها تخوله الالتحاق بأحد معاهد التخصص العليا في الخارج . وفي هذه الاثنـاء استدعاه أحد أساتذته وطلب اليه مغادرة المدرسة قائلا : « ان وجـودك في المدرسة يهدم احترام التلاميذ (لاساتذتهم) » فـكان ذلك ضغثاً على إبالة .

ولما وصل إلى ميلان أعلن والدَه بعزمه على التخلي عن جنسيته الألمانيـة ، وعن عضويته الرسمية للطائفة الإسرائيلية . لقد بهرته إيطاليا بمتاحفها و كنائسها وبموسيقاها التي تصدح في كل مكان ويشدو بها كل لسان . ولكن كل حال يزول. فلقد كان والده على موعد مع النكد وسوء الطالع . فقال له في أحـد الأيام وقد أعيته الحيل : « أي بنيْ ! لا أستطيع الإنفاق عليك بعد اليوم . يجب أن تدبر لنفسك عملاً بأسرع ما يمكن »

●

إن كلف البرت بالفيزياء والرياضة ، وحاجته إلى مهنة عمليـة ، وكون والده صاحب مهنة تقنية . كل أولئك كان يهيب به إلى دراسة العلوم التكنولوجيـة . لكنه من ناحية أخرى لما كان يفتقر إلى شهادة الدروس الثانوية ، مع أنه فذّ في العلوم الرياضية ، فقد حسب أن قبوله في معهد فني أسهل من قبوله في الجامعة . فقصد إلى مدرسة البوليتكنيك الاتحادية في زوريخ بسويسرا ، وما أدراك ما البوليتكنيك في ذلك الحين ! ولكنه لم يُقبل فيها لأنه لم ينجح إلا في مـادة من مواد امتحان الدخول ، ألا وهي الرياضيات . لكن مدير المدرسة وقد بهره علو كعب انشتين في هذه المادة أشار عليه بالالتحاق بمدرسة أرو احـدى مدن سويسرا ليحصل على دبلومها الذي يخوله حق الدخول في البولتكنيـك فالتحق بها على مضض ، لأنه حسبها على طراز مدرسة ميونيخ . ولكن مخاوفه تبددت. فلا ضغط ولا إرهاب . وكل شيء قد أعد فيها إعداداً خاصاً من شأنه أن يشجع على التفكير الحر والعمل الشخصي . ولم تمض سنة حتى حصل على دبلوم هـذه المدرسة ، فقُبل في البولتكنيك من غير امتحان .

ولقد ظهر له هذه الأثناء أنه مهيأ للفيزياء لا للرياضـة . ولكن دراسة الفزياء كانت سطحية في هذه المدرسة . بيد أن ذلك لم يفتّ من عضـده ، بل كان له حافزاً إلى مطالعة كتب كبار العلماء الضالعين في هذه المادة ، من أمثال هلمهولتز وكرشوف ، وبولتزمان ، ومكسويل ، وهرتز . وأما دراسة الرياضيات فقـد

أوفت على الغاية في هذه المدرسة ، وكان من بين أساتيذهـا هرمان مينوفسكي ، وهو روسي المولد ومن أقطاب الرياضة في عصره ، لكنه لم يكن يحسن التعليم ، فكان آنشتين لا يجد أي متعة في دروسه حتى لقد ترك الرياضيات من أجـلـه . غير أنه لم يلبث أن عاد إلى صوابه بفضل هذا الأستاذ الفذ نفسه .

●

وأخيراً أتم آنشتين دراسته ولكن بعد أي لأي وضَنك ! فحالة أبيه المالية كانت من العسر بحيث لم يكن يستطيع أن ينفق عليه الدانق . فكان أحد أقاربه الأثرياء يُمده بمبلغ مئة فرنك سويسري في الشهر . فلما أن فرغ من دراسته أخذ يبحث عن عمـل . حاول أولاً أن يعمل مساعداً لأحد أساتذة مدرسة البوليتكنيك، لكن أحداً منهم لم يرتضه مساعداً له . ثم حاول العمل في إحدى المدارس الثانوية فلم يُوفـّق . وكل ما حصل عليه هو وظيفة مؤقتـة في مدرسة مهنية في مدينة ونترتور . فبعد بضعة شهور وجد نفسه بدون عمل .

●

نحن الآن في سنة ١٩٠١ . ففي هذه السنة بلغ انشتين الواحدة والعشرين من عمره ، وفيها اكتسب الجنسية السويسرية . قرأ في إحدى الصحف أن مدرساً في مدينة شافهوس يبحث عن مرب لتلميذين في مدرسة صغيرة يديرها . فيتقدم انشتين للعمل ويجاب طلبه . وأقبل على عمله بهمة وإخـلاص . لكنه لم يستمر فيه لأن بقية المدرسين كانوا يفسدون عليـه غرسه بتعسفهم وطرقهم البالية . فطلب الاستئثار بتعليم التلميذين بنفسه فنقم عليه مدير المدرسة وطرده من العمل لأنه عده متمرداً على نظام التعليم .

لا يزال انشتين يعاني عسراً . فلقد ذهبت جميع جهوده بحثاً عن عمل هباءً ، رغم أنه يحمل شهادة البوليتكتيك ورغم أنه أصبح مواطناً سويسرياً .

وفي هذه الأثناء لاح له بصيص من نور . فقد قدمه صديق في الدراسة واسمه مرسيل غروسمن إلى هالر مدير مكتب تسجيل براءات الاختراع في برن . وهو رجل ذكي مستقل حر التفكير . فراق له انشتين وتوسم فيه الخير ووجد له عملاً

في مكتبه يدر عليه مبلغ ثلاثة آلاف فرنك سويسري في العام .

وفي هذه الأثناء تزوج بيـــلافا ماريتش زميلته في الدراسة . وهي مجرية الأصل وتدين بالأرثوذكسية اليونانية ، ولكنها مع ذلك حرة التفكير . وكانت أكبر منه قليلاً ، فولدت له ولدين كان أكبرُهما سَميّ أبيه ، فكان يحدب عليهما ويرى أنه سعيد بهما .

●

كان انشتين محباً للخلوة . لقد كان يعشق الانسجام في العـالم ، وكان يبحث عن هذا الانسجام في الموسيقى وفي الفزياء الرياضية . وأمـا الاشياء الاخرى فلم تكن لتثيره إلا على قدر ما تساعده على بلوغ هذه الغاية . وكان يكرهُ الصداقات الجارفة التي تعوق حريته وانطلاقه . فصراحته وشخصيته الجذابة جلبا له كثيراً من الاصدقاء ، ولكن حب العزلة ، والطريقة التي كان يهب بها نفسه للعـــلوم والفنون خيبا آمال الكثيرين ممن كانوا يحسبون أنفسهم أصدقاء له ، بل كثيراً ما كان يصرح بأنه لم ينتم أبداً من أعمـــاق قلبه إلى بلد دون بلد ، ولا إلى دولة دون دولة ، حتى ولا إلى أصدقائه وأفراد عائلته . وكان يقول : « إن هذا العزوف يقض المضجع أحياناً ، ولكني لست آسف مطلقاً على حرمـاني عطف الآخرين عليّ وتفهمهم لي . لاجرم أني أفقـــد بعض الاشياء ، ولكني في مقابل ذلك أتحرر من عـــادات الآخرين وآرائهم ومبتسراتهم . فأنا لست مستعـداً للتضحية بصفاء نفسي في سبيل هذه الترهات » .

●

لما كان انشتين يهتم بالقوانين العـــامة للفزياء . فسرعان ما وجد نفسه أمام مشاكل تتناولها في العادة كتبُ الفلاسفة . فخلافاً لغيره من أصحاب الاختصاص كان لا يتورع عن مراجعة الكتب التي لا تدخل في دائرة اختصاصه . وكان يُقبل على كتب الفلسفة يحدوه إلى ذلك عاملان متعارضان أحياناً ، فكان يقرأ بعض الفلاسفة بغية الاستفادة ويتعـــلم منهم حقاً بعض الاشياء التي تساعده على تفهم طبيعة مبادىء العلم العامة ، ولا سيما علاقتهـا المنطقية بالنواميس التي تعبر

عن الملاحظات المباشرة . هؤلاء الفلاسفة هم دأود هيوم وارنست ماخ وهنري بوانكاريه وإلى حد ما كنط . وكنط هذا يسوقنا للكلام عن العامل الثاني . فقد كان انشتين يحب قراءة بعض الفلاسفة لا ليقبس منهم ولكن ابتغاء التسلية ولانهم سطحيون يتوخون الغموض في كل شيء على تفاوت بينهم ويتكلمون عن كل شيء . فشوبنهور كان هذا الطراز ،وكان من انشتين يجد متعة في قراءته كما يجد المرء متعة في سماع خطب الوعظ والارشاد من غير أن يأخذ فلسفته مأخذ الجد. وكذلك كان ينظر إلى نيتشه .

●

يعتبر عام ١٩٠٥ عاماً ثورياً في تاريخ العالم . فالاحداث فيه تترى وتسير سراعاً . والتاريخ يقفز . ففي هذه السنة نمت روسيا وأصبحت اليابان دولة عظمى ، وكان كل شيء ينذر بوشك اندلاع الحرب العالمية الاولى . وفي هذه السنة الحاسمة كان انشتين قليلاً ما يفكر في شؤون المستقبل . وفيها أيضاً قام بخطوات من شأنها أن تقلب وجهة نظرنا الكونية رأساً على عقب . ففيها قد وضع نظريته النسبية الخاصة ونظرية الكم ونظرية الحركة البراونية . وسنأتي عليها جميعاً .

●

ومن الطبيعي أن تسترعي النتائج الجديدة التي وصل اليها انشتين في برن اهتمام علماء الفزياء في جامعات سويسرا كلها . وبدا لهم أن هذه النتائج الخارقة لا تتفق مع منصب موظف بسيط في مكتب البراءة . فتعالت الصيحات من كل حدب وصوب تندد بهذا الحيف . وسعى وسطاء الخير لتعيينه أستاذاً في جامعة زوريخ . وكان كلاينر أستاذ الفيزياء شخصية مرموقة في ذلك الوقت . فكان يتابع كتابات انشتين وكان من أكبر المعجبين بها ولو لم يفهمها . فأخذ يستعمل نفوذه لتعيينه .

ولكن القوانين المعمول بها في زوريخ وألمانيا لا تسمح بتعيين استاذ ما لم يكن بريفاتدوزنت اي ما لم يسبق له التدريس في الجامعة باسمه وبصفته

الشخصية أولاً . فأي إنسان يانس في نفسه القدرة على التدريس الجامعي يمكنه أن يتقدم بطلب إلى الجامعة بهذا الشأن . وهو ليس ملزماً بشيء وله أن يعطي القدر الذي يلائمه من الدروس ، ولكن الطلاب هم الذين يدفعون له أجره . وهكذا يتاح لأي عالم فرصة إظهار استعداداته التعليمية ، ثم يختار مجلس الجامعة من بين هؤلاء من تثبت جدارته لتعيينه أستاذاً رسمياً فيما بعد . ومن سوء هذا النظام أن العمل بة لا يتهيأ إلا للأغنياء او للذين لهم عمل آخر خارج الجامعة . وانشتين الموظف في مكتب ابراءات من هذه الفئة الأخيرة . فدخل في سلك التعليم الجامعي . وفي سنة ١٩٠٩ شغر كرسي الفزياء النظرية في جامعة زوريخ فأسند إلى انشتين .

وهذا المنصب الجديد أضفى عليه هالة من المجد إلا أنه لا يدر عليه كبير كسب مادي فراتبه الجديد لم يكن ليتجاوز راتبه في مكتب البراءات . والانكى من هذا أنه وقد ولج باب المجتمع الراقي لم يعد في وسعه أن يحيا حياة « دروشة » وتخفف وبساطة . فالمظاهر والمجاملات لا بد من مراعاتها . ولذلك فقد اضطرت زوجته إلى إيواء بعض الطلاب في بيتها لقاء أجر معلوم . قال انشتين مازحاً : « في نظريتي النسبية لقد نثرت الساعات نثراً بغير حساب في الفضاء . أما في عالم الحقيقة فاني أعاني عسراً في شراء ساعة واحدة أضعها في غرفتي ! »

●

لقد كان آنشتين يسلك مع جميع الناس على نحو واحد . فكان يخاطب المسؤولين في الجامعة كما يخاطب البقال أو خادمه في العمل . وكان ينظر إلى وقائع الحياة اليومية نظرة يشيع فيها الهزل : فكان يلقي بالنكتة في موضعها ، وكان ظريفاً حاضر البديهة . وكان يضحك ، وضحكه ينبثق من أعماق وجوده ، وكان ذلك من أكبر ميزاته ، مما يثلج صدور الحاضرين . وكان في نكاته يتناول الكثيرين بالنقد اللاذع ، وكانت أحاديثه توحي لجلسائه أنه

إنسان مليء بالحياة والبشر ، وان صحبته فيهـا غنى وثراء وتخلق جواً من المرح والحبور .

وفي سنة ١٩١٠ شغر كرسي الفزياء النظرية في جامعة براغ الالمانية آنذاك فاقترح البعض إسناده إلى علاّمتنا الذي قبل أن يشغله بعـد لأي لأنه يكره الارتحال إلى بـلد جديد . وكذلك زوجته لا تحب مغـادرة زوريخ . وكان العـامل الحاسم في موافقته أن المنصب جدير بالقبول مادياً ومعنويـاً .

لكنه قامت في وجهه عقبة لا يدمن تحطيماً . ذلك بأن الامبراطور فرانسوا جوزيف كان يرى أنه لا يجوز قبول أحـد في منصب الأستاذية ما لم يكن منتمياً إلى كنيسة معترف بها . ونحن نعـلم أن آنشتين كان قد صبا وتخلى منذ مغادرته مدرسة ميونيخ عن جميع ارتباطاته الدينية . فقال للمسؤولين أنه كان يهودياً طفلا ، أما الآن فلا يقوم بالشعائر ولا يشهد الاحتفالات الدينية . فوصل براغ وكانت قد سبقته شهرته التي طبقت الخافقين ، وكان الجميع يتطلع إلى لقائه والاجتماع به .

وكان العرف في هذه المدينة يقضي بأن يزور كل أستاذ قادم من الخـارج زملاءه في الكلية . فأبدى آنشتين استعداده للقيام بالزيارات المطلوبة التي تربو على الأربعين ، وأراد انتهاز هذه الفرصة للطواف في أحيـاء المدينة . ولكنه رأى الدرب طويلاً والعـدد كثيراً فتوقف عن الزيارات لأنها مضيعة للوقت مفسدة للعقل مجلبة للثرثرة . فنقم عليه الزملاء الذين لم يزرهم وحسبوا منه ذلك كبراً وترفعاً . وأما أولئك المحظوظون الذين ذهب لزيارتهم فقد تمشقوا شخصه المرح ونظراته الوديعة الحاملة وانطلاقه عفو السجية .

●

والآن لنتساءل : هل كان آنشتين أستاذاً جيداً ؟ لقـد اختلفت الآراء في هذا الموضوع .

فيه خلتان أساسيتان جعلتا منه أستاذاً جيداً . الاولى رغبته في أن يكون مفيداً لأكبر عدد ممكن من اقرانه ، والثانية حسه الفني الذي يدفعه لا الى ان يسوق افكاره العلمية بوضوح ومنطق فحسب ، بل وكذلك الى ان يعرضها في حلة بهية وبما يضفي عليها رواء وجمالاً . وكان يحرص على أن يتناول الموضوع في صور مختلفة وأن يكون مفهوماً من شتى الطبقات . وكانت له قدرة فائقة على أسر مستمعيه . وكان في ذلك ينطلق على سجيته ويتحاشى الخطابة والغلو والكلفة وحب الظهور . يضاف الى ذلك خفة روحه ودعاباته الحية لا تؤذي أحداً ومحياه السعيد الطافح بالبشر كالطفل امام هدية عيد الميلاد

كل اولئك يوحي بان انشتين بسبيل ان يكون استاذاً او محاضراً ممتازاً لقد كان كذلك من غير شك في غالب الاحيان لكنه مع ذلك كان يضيق ذرعاً بالقاء محاضرات منتظمة ، لان ذلك يتطلب منه تنظيم مادة البرنامج كلها بحيث تكون على مستوى واحد من الاثارة والتشويق طيلة ايام السنة . وهـذا ما لا قبل له به من شأنه ان يستغرق منه جميع اوقاته ولا يمنحه الفراغ الذي لا بد منه للقيام بابحاثه الخاصة . فكل نشاط خـلاق يتطلب كثيراً من التأمل والتفكير . ذلك امر لا مندوحة عنه للعظيم وليس مضيعة للوقت كما يظن عامة الناس . والخلاصة لم يكن انشتين جامعياً لامعاً يضبـط دروسه على مستوى واحد من الجودة والانطلاق طيلة ايام السنة . ولكن محاضراته التي يلقيها امام الجامع والمؤتمرات العلمية كانت مفعمة بالحيـاة وتترك أثراً لا يمحى في نفوس المستمعين .

•

بعد وصول انشتين الى براغ بوقت قصير جاءه عرض لشغل كرسي الفزياء النظرية في مدرسة البوليكتنيك بزوريخ التي تخرج فيها . ان هذه المدرسة تابعة

للاتحاد السويسري ، فهي مؤسسة اهم واكبر جداً من جامعة زرويخ التي بدأ فيها انشتين مهنة التعليم والتي هي جامعة للمقاطعة فحسب . تردد انشتين اولاً في قبـــل العرض ، ولكن زوجته حسمت الموقف . فهي لم تكن مرتاحة ابداً لاقامتها في براغ ، وظلت في هذه المدينة يُبرح بها الحنين الى زوريخ . فكتب الى جامعة براغ يُعلنها عزمه على تركها في اخر صيف ١٩١٢ . وفي نهاية هذه السنة توجه الى زوريخ لتولي مهام عمله .

●

لقد لبث العالم مشدوهاً مكتوم الانفاس امـــام العدد الضخم من الافكار الجديدة التي طلع بها انشتين سنة ١٩١٢ وأخذ الناس بالاتقان الذي صيغت به هذه الأراء محبوكة منسقة . لكن انشتين لم يكن راضياً : فلم يكن يفكر الا بالثغرات والفتوق التي يستشعرها في نظرياته .

ما زال انشتين حتى ذلك الحين يحل مشاكله بابسط الطرق الرياضية . وكان لا يثق بالتوسع في استخدام الرياضيات العليا ، لان ذلك من شأنه ان يبلبـــل ذهن القارىء . ولكنه الان اخذ يتجه اتجاهاً جديداً . فهو عندما كان في براغ احسّ ان تعميم نظريته يتطلب منه اصطناع مناهج جديدة اكثر تعقداً من تلك التي لا يزال يمارسها . فناقش في ذلك زميلاً له في جامعة براغ اسمه بيك الذي لفت انتباهه الى النظريات الرياضية الجديدة التي وضعهـــا الرياضيان الايطاليان ريشي وليفي شيفيتا وعندما قـدم الى زوريخ انكب وزميله القديم مرسيل غروسمن على دراسه هذه المناهج الجديدة وبفضل هذا التعاضد نجـح انشتين في وضع لوحة مبدئية لتصميم نظريته . فكان عمله هذا الذي اعلنـــه عام ١٩١٣ لا يخلو من العيوب والنقائص التي لم تفارقه حتى بعد اعلان نظريته في صورتها الكاملة إبان الحرب العالمية .

●

وجاءت الرسل من برلين تسعى . فلقد اصبح انشتين علماً من اعلام الفيزياء وفطحلاً لا يشق له غبار . وتسابقت الجمعيات والمؤسسات العالميـــة الى ضمه اليها . ومنذ زمن طويل واهل النظر في برلين يسعون جهدهم لا الى هذه الحاضرة مركزاً للسلطة السياسية والاقتصادية وحسب ، بل والى جعلهـا ايضاً مركزاً للنشاط الفني والعلمي .

●

وفي هذه الاثناء وفد عليه ماكس بلانك وولتر نرنست من اعـلام برلين . فعرضا عليه ان يرأس مؤسسة علمية يفكر ان في انشائها وان يساهم بارشاداته في ترقية بحوث الفزياء في المؤسسات الاخرى ، وان يصبح عضواً في المجمـــع الملكي للعلوم البروسية . فالانضمام الى هذا المجمع (اكادميه) شرف عظيم لا يحظى به الا القلائل ، وان الكثيرين من الاساتذه الملحوظين في جامعـــة برلين منيت بالفشل جميع محاولاتهم للحصول على عضويتـه . ومع ان هذه العضوية فخرية لغالب الاعضاء فان بعضهم ينال مكافئات ضخمة وهذا ما يُعرض الآن على أنشتين . هنالك لن يكون له من عمل سوى تنظيم الابحاث ، وسيحصل على لقب استاذ في جامعة برلين من غير ان يثقل كاهله بالالتزامات والقوانين ، اللهم الا بعض محاضرات يلقيها حسبما يحلو له ومتى يروق لخاطره .

افكر آنشتين في العرض وراق له من الناحية المادية والمعنوية . فهو يتيح له التوفر على ابحاثه ويمكنه من الاتصال بكثير من أئمة العلم في برلين لمناقشتهم في ارائه وتحسس نقدهم له . الا انه من ناحية اخرى لا يحب برلين التي تنكرت له صغيراً . وانصاف عامل شخصي حسم في الامر . فابنة عمه الارملة الزا كانت تتردد عليه كثيراً في ميونيخ وهو لا يزال تلميذاً ، فبقيت ذكراهـا في فؤاده ، ودغدغ امل الاجتماع بها في برلين فكره . فحزم امره واقر العرض وغـــادر زوريخ في اواخر عام ١٩١٣ .

●

وفي برلين لم يُعتم ان انفصل عن زوجته ميلافا التي لم ينسجم معها ابداً من نواحي كثيرة ، وظل عازباً الى ان تزوج بابنة عمه . ولما انضم الى المجمع الملكي كان في الرابعة والثلاثين من عمره فكان الشاب الوحيد بين زملائه الشيوخ . كان انشتين نسيج وحده . حتى لقد قال عنه لندنبورغ – وهو فيزيائي ألماني عاش واشتغل مدة طويلة في برلين مع انشتين نسيج وحده . حتى لقد قال عنه لندنبورغ – وهو فيزيائي ألماني عاش واشتغل مدة طويلة في برلين مع انشتين ، وهو الآن في جامعة برنستون :

« كان يوجد في برلين نوعان من الفيزيائيين : النوع الاول آنشتين ، والنوع الآخر سائر الفيزيائيين » .

كان انشتين جم الادب عظيم التواضع ، لا يحفل بالمظاهر ويحرص على الا يزعج احداً . يُروى انه ذهب لزيارة احد اعضاء مجمع برلين ، لانه قد ُنمي اليه ان هذا الاستاذ واسمه ستومف ، احد علماء النفس المشهورين يُعنى عناية شديدة بدراسة مشكلة الادراك الحسي للمكان ، فحسب انشتين ان زيارته له ربما تسدي له بعض النفع في حل هذه المشكلة . وكيما يضمن وجوده في داره قصد اليه في الساعة الحادية عشرة قبل الظهر . فلما دق الباب وسأل الخادم عنه اجابته بانه غير موجود وسألته عما اذا كان يريد ان يترك له رسالة . فاجابها بالنفي . فهو لا يريد ان يثقل على احد . ثم رجع في الساعة الثانية بعـــد الظهر وسألها عن الاستاذ فقالت انه جاء فور ذهابك ، ثم تغدى واستغرق في قيـلولة . فذهب انشتين يتجول في المدينة وعاد في الساعة الرابعة فوجد الاستاذ في البيت . وقال للخادم : « أرأيت ؟ من صبر ظفر ! »

لقد كان ستومف وزوجته سعيدين باستقبال العــلامة العظيم . وتوقعاً منه بعض المجاملات التي تقال في الزيارات الرسمية . لكنه انطلق مباشرة في الحديث عن تصميمه لنظرية النسبية وشرح لهما مفصلا كيف تتصل هذه النظرية بمشكلة

المكان . لقد كان الاستاذ ستومف من علماء النفس ولم تكن له معرفة موسعة في الرياضيات . ولذلك فلم يتهم منه شيئاً . واخيراً تذكر انشتين بعد ثلاثة ارباع الساعة من الشرح المتواصل ان هذه زيارته الاولى وان حديثه استغرق وقتاً طويلا وهم بالانصراف . فوقع الزوج والزوجة في حيرة لانهما لم يوجها له الاسئلة المتادة في مثل هذه المناسبات : « هل اعجبتك برلين ، كيف حال الزوجة والاولاد ؟ الخ »

●

كانت مهمة آنشتين في برلين التحدث مع زملائه وطلابه عن ابحاثهم والأشراف عليها ومتابعة ابحاثه الخاصة هو والقاء بعض المحاضرات من حين لآخر . وكان سعيداً في بذل العون لجميع الطلاب ، لا سيما أولئك الذين يقومون بابحاث يهمه امرها . فهو يتمتع بقسط من الفراغ كبير وضعه بسخاء تحت تصرف طلابه . ولقد قال لهم منذ اول يوم من تعيينه : «انني مستعد لاستقبالكم دائما في أي وقت . فإذا كانت لديكم مشكلة ايتوني بها . ان ذلك لا يضايقني ابداً لاني استطيع ان اتوقف عن عملي في اي وقت ، ثم استأنفه بعد ذلك » .

ولا بأس من الحكم على هذا الموقف بمقارنته بموقف كثير من الاساتذة وانصاف الاساتذة الذين يذكرون لطلابهم ان ابحاثهم تستغرق كل اوقاتهم وانهم لا يودون ان يضايقهم احد ، لأن كل توقف عن العمل ، من شأنه ان يقطع عليهم حبل تفكيرهم وان يعرض للخطر نتائج تأملاتهم العميقة ! .

لقد كانت افكاره تتدفق كالسيل الذي لا ينضب معينه . فكل حديث

يقطع تسلسلها هو بمثابة الحجر يُلقى في نهر جياش فـلا يعكر سيره ولا يؤثر في مجراه !

●

واندلعت الحرب العالمية . فظل آنشتين يتابع اعماله . فالحرب والاحوال النفسية التي تفرضها على البحث العلمي لم تمنعه من ان يتوفر بكليته على التوسع في نظريته في الجاذبية . ولما كان يتابع في برلين الافكار التي بداهـــا في براغ وزوريخ فقد نجح عام ١٩١٦ في وضع نظريته في الجاذبية مستقلة قائمة بذاتها ومنسجمة منطقياً . ان هـــذه النظرية الجديدة تختلف اختلافاً تاماً عن نظرية نيوتن ، وتفسر حقائق اكثر شمولا وأوسع نطاقاً . وجاءت التجارب مؤيدة لها .

●

لقد نجح آنشتين نجاحـــاً منقطع النظير حيث أخفق نيوتن . فأخرجه من برجه العاجي وجعل الناس جميعاً يهتمون به ، لا العلماء وحـدهم . هنالك أدرك مسؤوليته الكبرى . فالشهرة التي يتمتع بها جعلتـه لا يرضى أن يقتصر نشاطه على متابعة أبحاثه العلمية . فله رسالة أكبر . فهو من أولئك الفطاحـل النادرين الذين خُلقوا ليكونوا عظماء بقلوبهم وطيب عنصرهم كما هم عظماء بتفكيرهم . لقد رأى بأم عينه ضروب الآلام التي يُعاني منها العالم وأدرك أسبابها جميعاً : الحرب والخدمة العسكرية . لقد أصبح الآن مسموع الكلمة فيجب أن يعمل على تخفيف ويلات الإنسانية بالدعوة إلى السلام ونزع التسلح ومحاربة كل ما من شأنه تعزيز الروح العسكرية . والطريقة المثلى لذلك هي أن يرفض كل فرد تأدية الخدمـة العسكرية . ولذلك فقد صرح لاحد مراسلي الصحف جاء يسأله ما عسى أن يكون موقفه لو نشبت حرب ثانية فقال له أنه يرفض الجندية ويمتنع عن تأديتها وليكن بعد ذلك ما يكون . ولم يكن أنما جبن ، بل هو مستعد للتضحية بكل

شيء في سبيل هذا الواجب . ولن يني في دعوته السلمية هذه وسيساهم في حملة نزع التسلح إلى جانب هنري باربيس ورومان رولان ومكسيم غوركي . هنا بدأت الدسائس تحاك حوله ، فلم يفت ذلك في عضده . وانبرى له خصوم كثيرون هم بولس ويلند في السياسة . وسرعان ما انقلب خصومه السياسيون خصوماً له في نظرياته وآرائه من أمثال : فيليب لينار ، ويوحنا شتارك ، وجهرك .

ومما زاد الطين بلة والنار أواراً أنه رفض توقيع البيان الذي أصدره اثنان وتسعون علماً من أعلام الفكر في المانيا يشجبون فية حملة أوروبا الغربية على المانيا العسكرية ويدعون العلماء فيه إلى تأييد موقف المانيا العسكري وعدم التفريق بين الثقافة الالمانية والعسكرية الالمانية . وأهم ما ورد في البيان هذا التوكيد : « ان الثقافة الالمانية والحربية الالمانية شيء واحد » . فما كان في نظر المانيا في معركة الحياة والموت هذه مدعاة للتفكك ، كان في نظر الحلفاء غاية في الصفاقة .

●

إن موقف آنشتين السياسي ، كغيره من رجال الفكر في العالم ، قد تقلب في الفترة الواقعة بين الحربين العالميتين . ولكنه لم ينضم إلى حزب من الاحزاب. لقد كانت شتى الاحزاب تستغل اسمه عندما يمكنها ذلك ، ولكنه لم يقم بأي نشاط حزبي لسبب بسيط هو أنة لم يخلق للسياسة .

لقد كان يعطف على بعض الاهداف التي يسعى لها حزب ما ، وكان يُزج به في مواقف لا يقرها ، وكثيراً ما نقم على ممثلي الاحزاب الذين سبق له أن شاطرهم الرأي وأعرب لهم عن عطفه على قضاياهم . كان لا يتحمس إلا لما هو في نظره جدير بذلك ، ولم يكن مستعداً أبداً للخضوع للترهات الحزبية .

●

كان آنشتين لا ينفتأ يمجد الفرد . فالفرد في نظره هو الذي يصنع التـاريخ . وقد كتب يقول : « إن ما يُعوّل عليه حقاً ليس الامة ، بل الفردية الخلاقـة الحساسة ، بل الشخصية ، بل ما يحقق (الامر) النبيل الرفيع . بينـا سائر القطيع لهم أحلام العصافير ، ولا حساسة فيهم » ويقول أيضـاً : « إن جميع الخيرات المادية والعقلية والاخلاقيـة التي تلقيناها من المجتمع على كر الدهور والعصور مصدرها الافراد الخالقون . فالفرد هو الذي استنبط النـار دفعة واحدة . والفرد هو الذي اكتشف زراعة النباتات الغـاذية . والفرد هو الذي صنع الآلة البخارية »

« فالفرد المنعزل عن الناس هو وحده الذي يستطيع أن يفكر وبالتالي أن يخلق قيماً جديدة تتكامل بها الجماعة . فلولا الاشخاص الخالقون الذين يفكرون ويتأملون باستقلال لكان تقـدم المجتمع امراً يصعب تصوره كما يصعب تصور نمو الفرد من غير المجتمع الغاذي » « فالمجتمع السليم مرتبط باستقلال الافراد ارتباطه بتماسكهم الاجتماعي المتين »

●

أصبحت حياة انشتين في برلين أمراً لا يطاق . فالدسائس والمؤامرات تحاك حوله من كل حدب وصوب . لكن على نفسها جنت براقش . فكأن مثـيري الفتن سعوا إلى حتفهم بظلفهم . إذ إن هذا الغبار الذي أثاره خصومه حوله لفت اليه أنظار الجماهير من جميع الطبقات ومن جميع البلاد . واصبح آنشتين مضغة في الافواه . وظهرت في المجـلات والصحف مقالات المغرضين من المتفلسفة يشجبون نظرياته ويؤكدون أنها إن كانت لها بعض القيمة في ميـدان الفزياء ، فهي خاطئة من الوجهة الفلسفية ! !

فأخذ الناس يتساءلون عن الرجـل ومن عساه أن يكون . فالكل يريد لقاءه والاجتماع به . وانهالت عليه الدعوات من جميع بلاد العالم لزيارتها والقـاء

محاضرات فيها . لقد كان انشتين سعيداً بهذه الدعوات ، فهو يريـد أن يفارق هذا الجو المحموم وإن يتصل ببيئات جديدة .

فاتجه أولاً إلى ليدن بهولندا وعين استاذاً في جامعتها . ولم يطلب فيـه إلا إلقاء بعض المحاضرات في السنة . لقد كان كل إنسان سعيداً أن يقف أمام هذه الحقبة المجسمة من التاريخ . وتساءل الناس في برلين عما إذا كان سيقيم في هولندا نهائياً . وأسف الكثيرون على مـا وقع وأدركوا أنهم مدينون له بالشيء الكثير . لان شهرته العظيمة في الخارج من شأنها أن تعيد إلى المانيـا هيبتها التي فقدتها في الحرب . فكتب اليه هانيش وزير التربيـة البروسية وعضو الحزب الاشتراكي الديمقراطي يرجوه فيه البقاء في برلين وعدم التأثر بالحملات المغرضة . وأكد له عزم الحكومة على حمايته . فتأثر انشتين بكلمات الوزير . فهو حريص على سمعة برلين العلمية وعلى إعادة الهيبة للجمهورية الالمانيـة . فوعد الوزير بالرجوع وطلب الدخول في الجنسية الالمانيـة لانه حتى ذلك الوقت كان محتفظاً بجنسيته السويسرية . فأجيب إلى طلبه وليته لم يُجب ، لان هـذه الجنسية ستكون وبالاً عليه .

●

وفي عام ١٩٢١ دُعي الى براغ عاصمة الجمهورية التشيكوسلوفاكية الجديدة لالقاء محاضرات فيها . فرحب انشتين بهـذه الدعوة ليستعيد ذكرياته في هذه المدينة الهادئة ويجتمع باصدقائه ، ومريديه القدماء . وهو يريد كذلك ان يطلع على حالتها الديموقراطية الحديثة التي تحققت على يد الرئيس مازاروك فارتفعت في براغ وفي تشيكوسلوفاكيا كلها الروح المعدية لدى النازحين الألمان ، رعايا الدولة المنهزمة .

وفي اليوم التالي حاضر في جمعية أورانيا . فغصت القاعة بالجماهير . فالكل

يريد رؤية الرجل العالمي الذي قلب نواميس الكون واثبت « انحناء » المكان . فجاء رجل وقور ذو مكانة ممن اشتركوا في اعداد الحفل ودنا من فيليب فرانك العلامة الكبير وصديق انشتين وسأله : بربك قل لي حالاً وبكلمة واحــدة ! هل ما يقوله آنشتين ما شاء الى الكلام ، وهيهات ان يفهم الحضور كلامه . فما يهمهم اولاً وقبل كل شيء ليس ان يفهموا ما يقول بل ان يشهدو ويروا بام اعينهم حادثة فذة وصفحة من التاريخ جديدة .

ومكث في براغ يوماً آخر . فعقد جلسة في جمعية اورانيــا لمناقشته في موضوع المحاضرة . وانهالت عليه الأسئلة من كل جانب . وكان والد خصومه اوسكار كراوس ، وهو من متفلسفة جامعة براغ ، ومن ذوي العقول المتحجرة فهو لا يبحث عن الحقيقة ، ولكن يريد ان يفحم خصمه بتسقط عبــارات متناقضة قالها المعجبون به ... !! وحجته الوحيدة في رفض هذه النظرية انها لا تتفق مع المألوف ، وتتعارض مع هندسة اوقليدس . فمن يجرؤ على الخروج عليها به خِنّة ومسٌ من خبل . وقد ابتهلت زوجة هــذا الرجل الى فيليب فرانك ان لا يبحث مع زوجها في هذه النظرية ، لانه يهذر بهـا في نومه غالباً ، ويثور جــداً لوجود اشخاص يعتقدون بالخُلف ومــا يضاد العقل .

وجاء استاذ الميكانيكا التطبيقية في معهد التكنولوجيا بملاحظات خاطئة على النظرية النسبية ، ولكنها معقولة نوعاً . وعند ارفضاض الجلسة قال آنشتين لصديقه فرانك عن هذا الاستاذ : « ان هذا العامل يتكلم بسذاجة ، ولكنه ليس غبياً على كل حال » ولما ذكر له فرانك ان السائل ليس من العمال بل هو استاذ ملحوظ اجاب انشتين على الفور : « في هذه الحال ... حقاً ان ما بدر منه في غاية السذاجة »

●

ثم توجه بعد ذلك الى فينا لالقاء محاضرة فيها . فاستقبل كعادته بالتهليل

والترحاب ، وحل ضيفاً في دار فيليكس اهر نهارفت العالم الفيزيائي المشهور . وهو وانشتين على طرفي نقيض . ولكن انشتين يألفه إلفه غريبة . واتصل اثناء ذلك بتيارين من الفكر لهما ابلغ الاثر في توجيه هذا العصر : فن التحليل النفسي لسيغموند فرويد والمدرسة الوضعية لارنست ماخ .

كانت المحاضرة شائقة موفقة . وكان الحضور يهللون ويطربون ويعلو وجوههم البشر . ولقد اغلتهم الحالة التي اغلت سابقيهم :. فنشوة لقاء انشتين غاية في ذاتها . وسواء عليهم بعد ذلك افهموا مقالته ام لم يفهموها . فما يشغلهم حقاً ، إنما هو ان يستروحوا الجو الذي تولد فيه المعجزات !

●

وعاد الى برلين ونجمة يزداد تألقاً وارتفاعاً . وأصبح اسمه علماً على كل من يكتب شيئاً عسير الفهم فيكون بذلك موضع الاعجاب وغدت كلمة « نسبي » تلوكها جميع الالسنة وتتندر بها .

وفي هذه الاثناء دُعي لزيارة الولايات المتحدة الامريكية . فاقترن وصوله وزوجته الى مرفأ نيويورك بحفاوة لم يحلم بها عالِمٌ قط ، ناهيك ان يكون ميدان علمه الفيزياء الرياضية . وتهافت مراسلو الصحف والمصورون السينمائيون على السفينة من كل جانب وانهالوا عليه بوابل من أسئلتهم .

وقد تناولت الأسئلة هذه المرة ثلاثة اشياء :

فسئل اولاً « هل يمكن ان تشرح لنا فحوى النسبية بجمل قصيرة ؟ » لعل من المستحيل ان يجيب على السؤال . لكنه قد تعود على أسئلة من هذا القبيل فاصبح يستعد للجواب مقدماً . قال : « يمكن ان اشرحها لكم على النحو

التالي على الا تحملوا مقالتي محمل الجد وعلى الا ترو فيها غير ضرب من الدعابة . لقد كان الناس من قبل يعتقدون انه لو اختفت جميع الاشياء المادية من العالم لبقي الزمان والمكان مع ذلك . واما نظرية النسبية فانها ترى ان الزمان والمكان يختفيان ايضاً هما وسائر الاشياء » .

وسئل ايضاً هذا السؤال المستعجل : « يقولون ان نظرية النسبية لا يفهمها الا اثنا عشر شخصاً في العالم ، فهل هذا صحيح ؟ » فانكر انشتين هذا القول وقال ان كل فزيائي درس هذه النظرية يمكنه ان يفهمها واكد ان جميع تلاميذه في برلين يفهمونها .

وسئل اخيراً : « كيف تفسر تحمس الجماهير لنظرية مجردة عسيرة الفهم ؟ » فتخلص من الجواب بدعابة . وقال ان على علماء النفس المرضى ان يفسروا لنا لماذا يتحمس اناس ليس لهم المام بالمسائل العلمية لنظرية النسبية وجاءوا للترحيب بقدم صاحبها . واضاف ان نظريته لا تغير شيئاً في افكار رجل الشارع . فكل ما فيها البادىء واصول يُبنى عليها نظرة عامة في الوجود تهم الفلاسفة والعلماء اكثر جداً مما تهم رجل الشارع . وقال مازحاً : « ان نساء نيويورك يبحثن في كل عام عن زي جديد . وزي هذه السنة نظرية النسبية » .

وبعد ان خدت حدة الأسئلة ختم كلامه قائلاً : « والان ايها السادة آمل اني قد اجتزت الامتحان ؟ » .

ثم توجه الناس الى مدام انشتين وعزموا عليها لتقولن لهم بصراحة عما اذا كانت قد فهمت نظرية النسبية . فاجابتهم بلطف لا يخلو من الدهشة : « هيهات ! مع انه قد شرحها لي سبعين مرة ؟ فذلك ليس ضرورياً لسعادتي » .

ثم شق طريقه بين الجماهير وغادر السفينة ممسكاً غليومه بيده اليمنى

وصندوق الكمان بيده اليسرى .

●

لقد كانت حماسة الجماهير عنـــد قدوم آنشتين الى نيويورك حدثاً فريداً في تاريخ العلم في القرن العشرين . ولذلك شتى الاسباب . اولها الاهتمام بنظرية النسبية التي أصبحت موضة هذا العصر . وثانيها تأييداً علماء الانكليز ولهذه النظرية قبل ذلك بعامين عندما ذهبت بعثة بريطانية الى غرب افريقيا واخرى الى البرازيل لرصد كسوف الشمس . وثالثها الهالة التي تحيط بكل رجل عظيم والاساطير التي تنسج حوله . وأخيراً العصر الذي وجد فيه آنشتين ومطالب هـذا العصر وحاجة العلم الى الانفـــراج والتفتح والميكانيكا التقليدية ، الى الخروج من أزماتها فكأن آنشتين قـــد جاء على موعد مـــع الاحداث .

●

حتى الآن كان آنشتين لا يتكلم إلا بالالمانية لانه لم يكن قد ملـــك ناصية اللغة الانكليزية بعد . وفي ٩ مايس (مايو) منحته جامعة برستون دكتوراه الشرف . ثم القى في هذه الجامعة عـــدة محاضرات عرض فيها لنظريته .

واقترح رئيس المجلس البلدي بنيويورك منحه لقب « مواطن شرف لمدينة نيويورك » فوافق جميع الاعضاء الا واحداً . قال « انه حتى نهـــار أمس لم يسمع بآنشتين » ! ثم طلب ايضاحا عنه . لكن أحداً لم يتطوع لشرح نظرية النسبية له . فذلك أمر دونه خرط القتاد . ودافع عن وجهة نظره على الصعيد الوطني قائلاً : انه لا يريد ان يجعل من مدينته العزيزة موضوعا للسخرية من الوجهة العلميه والوطنية . وقال في محضر الجلسة : « ان مفتاح المدينة قد اعطي

لسوء الحظ عام ١٩٠٩ الى الدكتور كوك الذي زعم انه اكتشف القطب الشمالي ، فما يدرينا ان لا يكون آنشتين هو مكتشف نظرية النسبية ؟

لقد بلغ التحمس لنظرية آنشتين مبلغا جعل النائب النيويوركي كندرد يطالب رئيس المجلس بتدوين ملخص النظرية النسبية في نشرات الكونغرس . فاعترض النائب داود ولس من ماساشوست عن شكه في امكان فعل ذلك ، لان هذه النظرية لا علاقة لها بنشاط الكونغرس ، لا سيما وانها تبدو غير مفهومة . ثم أضاف قائلا : يا حضرة الرئيس ان ما يصدر في هذه النشرات يقتصر في العادة على الاشياء التي يفهمها كل إنسان . فهل يتوقع زميلنا النيويوركي الفاضل الحصول على ملخص من هذا القبيل نفهمه جميعا ؟ فأجاب كندرد : « لقد انكببت جاداً على هذه النظرية طيلة ثلاثة أسابيع . ويلوح لي اني قد بدأت الآن اتبين فيها شيئا » فسأله وولش : « أي تشريع تتناول هذه النظرية ؟ » فتنصّح كندرد قائلا : « يمكن أن تتناول دستور المستقبل من حيث هو ينص على علاقات عامة بالكون » !

●

لقد حاول البعض جر آنشتين الى اعلان الحرب على الدخان وملاهي يوم الأحد . ولكنه كان خصما لكل ما من شأنه التضييق على الحرية الفردية . فهو يعترف باهمية المسرات البريئة في الحياة اليومية ، ولا يؤمن بالقوانين الصارمة التي تسن لاسماد الناس بان يملي عليهم ما يجب ان يأخذوه مأخذ اللعب . فآنشتين الذي وقف حياته على اكتشاف قوانين الطبيعة لا يرى مطلقا ان سلوك الانسان يمكن ان يضبط وفقا للقوانين المجردة فهو يؤمن بفطرة الانسان وغريزته . وليس من رأيه مطلقا الحجز على حريته . وهو مولع بالتدخين . ويقول في هذا الصدد : «اذا اخذتم الدخان ، وكل ما تبقى ، فماذا انتم تاركون؟

اما انا فاني اتشبث بغليومي » .

●

كان تقرير البعثة الفلكية الانكليزية عام ١٩١٩ الذي تؤيد فيه صدق نبوءة آنشتين عن انحراف الضوء عند مروره بالجو الجاذبي من أهم دواعي شهرته العالمية . لكن آنشتين لم يقم حتى الآن بزيارة لندن . ففي هذه السنة التي أعقبت انتهاء الحرب والتي لا يزال الجو فيها مشحوناً بعداء المانيا لم يكن هناك من بأس في تأييد نظرية رجل ألماني ، ولكن لا مجال لتكريم شخصه . فدعاه اللورد هالدين الذي ما فتىء يعمل على تحسين العلاقات الانكليزية الالمانية لزيارة لندن وهو بطريقه إلى ألمانيا قادماً من أمريكا لالقاء محاضرات فيها .

لكن كل شيء في انكلترا لا يشجع على التحمس له . فإلى جانب الموقف السياسي هناك الموقف العقلي للانكليز . إذ المعلوم أن هؤلاء يهتمون دائماً بالناحية العلمية من العلم أكثر من اهتمامهم بالنظريات . فنظرية انشتين تبدو لهم نظرية فلسفية أكثر منها علمية . فهي بناء شامخ من النظريات والتحليلات الرياضية المجردة لا يقابله إلا عدد قليل جداً من الوقائع . ولذلك كان استقبالة فاتراً .

ولدى وصوله ألقى أكليلاً من الزهر على ضريح نيوتن في مقبرة الملوك والعظماء بكنيسة وستمنستر ثم القى محاضرة قيمة في « كلية الملك » وقال هالدين في افتتاح الجلسة : « إن ما صنعه نيوتن بالنسبة إلى القرن الثامن عشر يصنعه آنشتين بالنسبة إلى القرن الشرين » .

حل آنشتين ضيفاً على هالدين . فاجتمع برجالات الانكليز من أمثال لويد جورج وبرنارد شو وهوايتهد . وناقش هوايتد هذا انشتين كثيراً وحاول عبثاً إقناعه بأنه على الصعيد الميتافيزيكي يجب العمل على التوسع بنظرية النسبية من

غير افتراض انحناء الفضـــاء . ولكن انشتين لم يكن مستعداً التخلي عن نظريته لاعتبارات منطقية أو جمالية لا غنـــاء فيها . ففلسفة هوايتهد لم ترق له .

أقام هالدين مأدبة عشاء فاخرة على شرف آنشتين ودعى اليهـا رهطاً كبيراً من رجال العلم والسياسة . وكان اسقف كنتربري رئيس الكنيسة الانجليكانية متشوقاً للقاء آنشتين لا لشيء إلا لأنه يسمع أقوالاً متناقضة عن علاقـة نظرية النسبية بالدين فهو يريد أن يقف على حقيقة الأمر بنفسه ويقضي وطره . فأوعز إلى هالدين يرجوه دعوته إياه لحضور مأدبة العشاء . فدعـــاه هالدين وجعل مكانه قرب آنشتين . وقبل أن يستقر به المقـام التفت إلى آنشتين من غير مـا ديباجة أو مراعاة لأصول المجاملات وأفضى إليه بالسؤال الذي يقض مضجعه : « ما عسى أن يكون لنظرية النسبية من تأثير في الدين ؟ » فأجـــاب آنشتين بإيجاز جواباً لا لبس فيه : « ليس لها أي تأثير ، فالنسبية مسألة علمية محضة ، وليس لها أدنى علاقة بالدين »

●

يروى أنه في هذه الأثناء تقدم اميركي مقيم بباريس فقرر جائزة قـــدرها خمسة آلاف دولار لكاتب أحسن ملخص لنظرية النسبية دون أن يتجاوز عدد كلماته الثلاثة آلاف – فتقدم ثلاثمائة شخص لدخول المباراة ، فقال آنشتين مازحاً : « انني أنا الوحيد الذي لم اشترك من بين جميع اصـــدقائي . فانني لا أظن أن ذلـك في طـــاقتي » وفي ٢١ حزيران (يونيو) سنة ١٩٢١ أعطيت الجائزة لايرلندي في الواحـد والستين من عمره ولد في دوبلن وكان موظفـاً في مكتب تسجيل البرادات بلـندن كما كان آنشتين في زوريخ وكان من هواة الفزيـاء .

لقد ساهمت هذه الأسفار التي قـام آنشتين نوعاً في تحسين العـلاقات بين

العلماء الالمان والانكليز والاميركان . وتساءل الناس عما إذا كان سيجرؤ على زيارة باريس عاصمة « العدو اللدود » لالمانيا . وقامت في فرنسا دعوة لحمله على القيام بهذه الزيارة ، وتنادى العلماء الفرنسيس لدعوته ومناقشته في نظرياته الجديدة وجهاً لوجه . فهم يعجبون به إعجاباً شديداً لكن أكثرهم يجد عسراً في فهمه . وهكذا فان الرياضي بولس بانلافيه — وزير الحرب أثناء الصراع الدولي ثم رئيس وزارة ، ثم رئيس مجلس النواب فهو إذن زعيم اضطلع بدور كبير في السياسة الفرنسية — كان يُعنى عناية شديدة بنظرية النسبية ، لكنه أساء فهمها في مواضع كثيرة ، بل أنه قد حمل عليها بسبب من سوء فهمه لها . لكنه تراجع عن حملته أخيراً . وقد كان السياسة دخل كبير في هذه الحملات كما يقول العالم الفزيائي الفرنسي الكبير بولس لونجفين الذي فهم آنشتين فهماً صحيحاً واليه يدين انتشار هذه النظرية في فرنسا لاول مرة .

ولم يكن لونجفين هذا فيزيائياً حصيفاً فحسب ، بل كان أيضاً من رسل التفاهم العالمي . فاقترح وهو في الكلية الفرنسية ارسال دعوة إلى آنشتين لزيارة باريس والقاء محاضرات فيها . فوافق بانلافيه بحرارة على الاقتراح ولم يعارض إلا الوطنيون . وأرسلت دعوة الكلية الفرنسية إلى آنشتين الذي قدم باريس في أواخر آذار (مارس) سنة ١٩٢٢ .

وخف لونجفيل والعالم الفلكي شارل نورمان لاستقباله على الحدود البلجيكية ومرافقته إلى العاصمة . وقامت في باريس مظاهرات صاخبة ضده تجمعت في محطة الشمال لمنعه من دخول العاصمة . لكن البوليس كان بالمرصاد . فأوعز إلى لونجفين مغادرة القطار هو وآنشتين والمرور من رصيف لم يخطر ببال المتظاهرين . وانسرب آنشتين من باب سري لم يتوقعه المتظاهرون والمصورون السينمائيون ومراسلو الصحف واستقل المترو الى الفندق دون أن يشعر به أحد .

وفي ٣١ اذار القى محاضرته الأولى في الكلية الفرنسية . ولم يسمح بدخول

الكلية إلا للمدعوين من حملة البطاقات . ولم توزع البطاقات إلا على الموثوق بهم الذين يهمهم حقا الاطلاع على النظرية وأبعد المشبوهون والمشاغبون . ووقف الرئيس بانلافيه بنفسه في المدخل يراقب ويشدد في المراقبة .

وقف آنشتين على المنصة التي وقف عليها قبله ارنست رينان وهنري برغسون وأضرابهما . ولم يجد أي صعوبة في الاتصال بالجمهور كما وجد في انكلترا وأمريكا لأنه يتكلم الفرنسية بطلاقة لا تخلو من العجمة . وشهد المحاضرة أشهر العلماء والفلاسفة ، ورجال السياسة منهم مدام كوري وبرغسون والأمير رولان بونابرت وغيرهم ودعته الجمعية الفلسفية لمناقشة نظريته والرد على اسئلة الأخصائيين . فكان انشتين يصغي اليهم جميعا ويرد على كل سؤال على حدة ويبدد كثيراً من الظنون . والغريب أن الجمعية الفرنسية للفزياء لم تشارك رسميا في أي نشاط من هذا القبيل ويعزو المراقبون ذلك الى أن أعضاء هذه الجمعية لهم ميول وطنية متطرفة . وكذلك المجمع فقد لبث أعضاؤه يفكرون طويلاً فيما إذا كان من الجائز دعوة آنشتين لالقاء محاضرة ، فرفض الكثيرون ذلك ، لأن ألمانيا ليست عضواً في عصبة الأمم ! فقالت احدى صحف باريس ساخرة : « إذا اكتشف الماني دواء ضد السرطان او السل فهل يتوقف اعضاء المجمع الأفاضل عن استعمال الدواء منتظرين دخول المانيا في عصبة الأمم ؟ »

إن هذا النفاق أول ما يسترعي الانتباه . فاذا أردنا الحكم على هذا التطرف في الوطنية من جانب الفرنسيين فيجب ألا يغيب عن أذهاننا أن هذه الجماعات التي تنادي بالويل والثبور وتحتج بصرامة على استقبال آنشتين لأنه الماني ، كانت في مقدمة الدعاة إلى سياسة التعاون مع المانيا عندما استتب الأمر فيها للنازيين . هؤلاء « الوطنيون » الفرنسيون هم الذين مهدوا لتلك الهزيمة النكراء التي منيت بها فرنسا عام ١٩٤٠ فركعت على قدميها وخرت صريعة نفاقها وغرورها .

●

بعد هذه الاسفار المشحونة بالتوتر السياسي التي كان من المستحيل فيها على آنشتين ان يستمتع حقاً بطرافة هذه الخبرات الجديدة ، رأى ان من دواعي الغبطة والسلوى ان يطوف ببلاد الشرق الاقصى وان يتملّى بمشاهدها . فوصل الى شنغاي في ١٥ تشرين ثاني (نوفمبر) سنة ١٩٢٢ والى كوبا في اليابان في ٢٠ منه . ومكث في اليابان حتى آخر شباط (فبراير) ومنها رجع قافلا الى اوروبا بعد مروره بفلسطين . فكان موضع الاجلال والتكريم في كل مكان يحل فيه ، لا لانه من فطاحل العلماء فحسب بل لانه الماني ايضاً . واستقبله المكادو شخصياً وحادثه باللغة الفرنسية .

سئل مرة عن انطباعاته الغريبة في هذه البلاد الخلابة فقال : لم اجد اشياء غريبة الا في وطني وبين اهلي وعشيرتي ، في جلسات المجمع البروسي للعلوم مثلا » .

لقد بهره الشرقيون — الهنود والصين واليابان — بوداعتهم وتهذيبهم ولطف معشرهم وحسن سجاياهم . وكان تمشقهم للجمال واعتدالهم وقصدهم في الامور مما أثلج صدره بعد ذلك الصخب والهرج في بلاده . ولكن الموسيقى الشرقية كانت لا تروق لأذنه التي الفت موزارت وباخ .

وفي فلسطين حل في دار الحاكم البريطاني الذى كان كلفاً بنظرية النسبية . ولما كان الحاكم ممثلا الملك بريطاني فقد كان قصره مشحوناً بالطقوس والرسميات التي تذكرنا بالقصر الملكي في لندن . فكان آنشتين لا يعير ذلك اهتمامه وظل محتفظاً ببساطته وعفو سجيته . لكن زوجته ضاقت ذرعاً بهذه اللامبالاة فقالت عنه فيما بعد : « لو بدر مني ما يبدر من زوجي لقال الناس انني قليلة الادب . واما فيغتفر الناس له هفواته ويُبررون ذلك بانه رجل عبقري » !

وفي فلسطين الحي باللائمة على اليهود لجحودهم ونكرانهم ، وحثهم على تفهم العرب وتاريخهم وتراثهم . ولذلك فلم يرحب اليهود بقدمه كثيراً ونظر اليه الوطنيون المتطرفون شزراً. وكذلك المتدينون من اليهود لانه لا يهتم بتأدية الشعائر الدينية ، بل ويسخر منها احياناً .

ويغادر فلسطين في اذار (مارس) سنة ١٩٢٣ متوجهاً الى اسبانيا ليستجم في ربوعها ويتملّى بمناظرها . واستقبله الملك الفونس الثالث عشر . وتعرف الى مدن وعادات وتقاليد كان يجهلها . فاستمد من هذه الخبرات جميعاً قوة تعينه وتشد ازره في عمله الخلاق . لقد كان كل شيء يبدو له حلماً ، وكان يقول لزوجته : « هلمي نستمتع بكل شيء قبل ان نستيقظ » !

●

في العاشر من تشرين الثاني (نوفمبر) سنة ١٩٢٢ فيما كان آنشتين في طريقه الى الشرق منحته هيئة المجمع السويدي للعلوم جائزة نوبل . وعلى رغم ان القاصي والداني يقر لآنشتين بالعبقرية والتفوق فان هذه الهيئة قد ترددت كثيراً قبل ان تتخذ قرارها النهائي . ذلك بان شرط الواقف الفريد نوبل ينص على ان تمنح هذه الجائزة لمن يقوم ببحث جديد في الفزياء من شأنه ان يسدي نفعاً عميماً للانسانية . فأين نظرية النسبية من هذا يا ترى ؟ ان هذه النظرية لم تكتشف ظواهر جديدة . بل هي مبدأ عام تستنبط منه الوقائع على نحو اسهل من ذي قبل . امّا ان تكون هذه النظرية ذات نفع عميم للانسانية فهذه مسألة نرجع الى التقدير الشخصي . وعلى العموم فيبدو ان المجمع قد اعترف بفائدة هذه النظرية للنوع الانساني على اثر انفجار القنبلة الذرية في هيروشيما عام ١٩٤٥ لانه سارع الى منح جائزته الى اتوهاهن الذي اكتشف هو وزميله شتراسمان عام ١٩٣٨ عملية فلق ذرة اليورانيوم .

ومع ذلك فقد خطرت للجميع فكرة فذة . فآنشتين له نظريات اخرى غير نظرية النسبية اهمها نظرية الكموم التي لم يثر النقاش حولها كما ثار حول نظريـة النسبية ، والقانون الضوء — كهربي والضوء — كيماوي وهكذا فقد تحاشى الجمع ان يتخذ موقفاً معيناً من نظرية النسبية . وجاءت عبارات محضر الجائزة عامة : « منحت جائزة نوبل الى آنشتين لاكتشافه القانون الضوء — كهربي ولعمله في ميدان الفزياء النظرية »

وفي تموز (يوليو) عام ١٩٢٣ توجه آنشتين الى السويد لاستلام الجائزة ، والقى محاضرة في اجتماع عقده العلماء الاسكندينافيون في مدينة غوتنبورغ حضرها ملك السويد .

●

كانت سنة ١٩٢٣ بالنسبة الى آنشتين نهاية تلك الحقبة الحافلة بالاسفار والرحلات . حقاً لقد سافر سنة ١٩٢٥ الى اميركا الجنوبية ، ولكنه قضى جميع السنوات التالية في برلين . وقد جذبت شهرته كثيراً من السُياح القادمين الى برلين من شتى بقاع العالم ، فكانت رؤيته والاستماع اليه في مقدمة طرائف برلين التي يودون مشاهدتها والاطلاع عليها . وكانوا لا يُعنون بمن عسى ان يكون آنشتين : هل هو فيزيائي ام كيمائي ام عالم رياضي ام فيلسوف ام فنان ام رجل خيالي ام بطل مصارعة ام نجم سينمائي ، لقد كان جل همهم ان يجتمعوا به والسلام . فكان يضيق بهم احياناً عندما يبلغ عددهم مبلغاً كبيراً ويقول لهم ، « والآن ايها السادة مالكم تكأكأتم عليّ ؟ افرنقعوا عني فاني اريد ان استريح ! » فيَرفضُ جميعهم ولا يبقى الا طلابه المخلصون .

نحن الآن في سنة ١٩٢٩ وشهر اذار (مارس) على الابواب . فالمعلوم ان آنشتين سيبلغ في هذا الشهر عامه الخمسين . لقد دنت المتاعب . وانهالت عليه التهاني والزيارات ومضايقات الصحفيين . فاختفى عن الانظار . فقال البعض انه ذهب الى فرنسا ، وقـال اخرون انه ذهب الى هولندا ، واخرون الى انكلترا وامريكا ، بل والى الروسيا . والحقيقة انـه كان في ظاهر برلين ، في بيت قروي هادىء تحيط به حديقة غناء قرب بحيرة جميلة كان يتنزه فيهـا هو وافراد عائلته . فعاش حيـاة بوهيمية لشد ما ترتاح اليها نفسه وعـاد الى ثوبه الذي تعود ارتداءه في القرية بل في المدينـة احيانا عندما لا يكون حوله بعض الاغراب ، بنطلون قديم وقميص بال وكثيراً ما كان يخرج حافي القدمين .

ووردت اليه رسائل المهنئين وهدايا عيد ميلاده ، فكانت زوجته تحملها اليه كل يوم . ومن اطرف هذه الهدايا علبة دخان صغير للغليوم. فكتب صاحب صاحب الهدية مشيراً الى نظرية الحقل الموحد : « تجدون قليلا من الدخـان نسبيا ، ولكنه من حقل جيد » !

ولكن الهدية المثلى كانت هدية بلدية العاصمة التي يعيش فيها آنشتين منـذ سنة ١٩١٣ . فقرر المجلس البلدي ببرلين اقطاعه بيتا قرويا يقوم في ارض تملكها مدينة برلين على شواطيء الهافل . ولما ذهبت السيدة آنشتين لرؤيته لشد مـا كانت دهشها عندما وجدت انه يقطنه بعض الناس . وعجب هـؤلاء بدورهم كيف ينوي البعض اخراجهم من بيتهم : فاذا كانت المدينة تملك هذه الارض حقا فهي كذلك قد كلفت لسكان البيت حق الاحتفاظ به مدى الحيـاة . وهذا امر يبدو ان المجلس البلدي قد اغفله عندما قرر اهداء البيت لانشتين في عيد ميلاده . فما العمل .

لا بأس . فلعل هناك خطأ في السجلات العقارية . واراد المجلس البلدي ان

يعالج هذه الفضيحة باسرع ما يمكن . فالحديقة المحيطة بالبيت كبيرة مزدانة بالاشجار الجميلة ، وتتسع لبيوت كثيرة . فاختار المجلس الموقر مكانا آخر على مقربة من الماء وقدمه الى آنشتين ، على ان يبني هذا فيه بيتا على نفقتـــه الخاصة فرحب العلاّمــة وزوجتـــه بالفكرة التي ما لبث ان ظهـرت استحالتها .

ذلـك بان مستأجر البيت قد كفل له القانون الا يسمح لاحـــد بناء بيت آخر في الحديقة ، لان ذلك من شأنه ان يعكر صفو هـــذه المنطقة .

وقع المجلس البلدي في حيص بيص . فاختار أرضـــاً ثالثة أقل جودة من الأولى . ولما اكتشف أولو الأمر أن المدينة لا حق لها في هذه الأرض انفجرت برلين في الضحك وانهالت السخرية على المجلس الموقر . وتلفت المجلس يمينا وشمالاً فإذا به لا حق له بشبر من الأرض على ضفة النهر ، ولكن لما كان نبأ الهـدية قد في جميع أنحاء البلاد وأصبح التراجع عنه موجباً للزراية فقـد اتصل مندوب البلدية بصاحبنا ورجا اليه أن يبحث عن قطعة من الأرض يراد بيعهـا في المكان الذي يلائمه لتشتريها البلدية وتقدمها هدية له . فوافق آنشتين وأرسل زوجتــه في البحث عن الأرض الموعودة . فوقع اختيارهـا على أرض بوتسدام . ولم يعتم المجلس أن وافق على الأرض وتقدم باقتراح لشرائها . فتعثرت المسألة من جـديد واصطدمت بالميول السياسية . ذلك بأن نائباً من الحزب الوطني اعترض على هذا الاقتراح وأنكر أن يكون لآنشتين الحق في هذه التقدمة .

هنالك نفد صبر آنشتين ! فالهدية التي يراد تقديمها له باسم جميع مواطنيــه بدأت ترتطم بالسياسة . فكتب إلى محافظ المدينة :

« عزيزي المحافظ

« إن حياة الإنسان قصيرة جداً ، لكن السلطات تعمل ببطء بالغ . ولذلك

فإني أشعر أن حياتي قصيرة بحيث لا يمكنني التكيف مع طرائقكم . إني أشكركم على نواياكم الطيبة . وأما الآن فإن عيد ميلادي قد مضى وقتــه من زمن . وإني أرفض الهــدية »

ولم يقتصر أمر انشتين على شراء الأرض التي وقع اختيار زوجته عليها ، بل لقد بنى فيها أيضاً دارةً أنفق عليها كل ما يملك . وأحس بالاطمئنان ، ولم يخطر له أن الأقدار تترصد له وستطيح بما جنت يداه .

●

وفي السنة التالية (١٩٣٠) دُعي انشتين لقضاء فصـــل الشتاء في بازادونا (كاليفورنيا) ، كأستاذ زائر في معهـــد كاليفورنيا التكنولوجي . فأبحر إلى أمريكا في شهر كانون أول (ديسمبر) وشارك في أبحاث المعهد وعمــل في مرصد جبل ويلسون . وفي ربيع سنة ١٩٣١ عاد إلى برلين ثم رجع في آخر العــام إلى كاليفورنيا ليقيم فيها شتاء آخر وعاد إلى برلين بعد ذلك .

وفي الصيف جاءه الأستاذ إبراهيم فلاكسنر يدعوه إلى العمل فيمعهد الابحاث الجديد الذي أنشأه في برنستون . فوعده انشتين بالموافقـــة على طلبه في العام التالي لأنه مرتبط هذا العام بمعهد كليفورنيا . وأبرما عقد . وفي نهاية عام ١٩٣٢ غادر انشتين وعائلته برلين إلى كليفورنيا والقى نظرة مودعة على دارته . فلقد أحسّ أنه لن يراها بعد اليوم وكاشف في ذلك زوجته . وفي نهــــاية كانون ثاني (يناير) من عام ١٩٣٣ عندمــــا كان انشتين لا يزال في كليفورنيا يتناقش وفلكيي مرصد جبل ولسون في توزيع المادة في الفضاء استولى هتلر على الحكم وشن حملته المباركة على اليهود والصهيونيين الذين ما دخلوا أرضاً إلا أفسدوها . واختلط الصالح بالطالح . ونشط خصوم انشتين يصطادون في المــاء العكر . وأوغروا صدر السلطات الحاكمة عليه لأنه من أنصار السلم . وزعم اعداؤه أنه

يفود حركة سرية وحفت تارة بأنها « شيوعية » وطوراً بأنها « يهودية عالمية » وأنها على وشك الظهور لإسقاط الحكومة الحاضرة ، وهو من ذلك براء . فسارع إلى تقـــديم استقالته من المجمع العلمي قبل أن يقيله . وشملته حركة التطهير وصودر كل ما يملك ووضعت الحكومة يدهـا على حسابه في المصرف ، وداهم البوليس دارته للتفتيش عن السلاح لأن المرجفين زعموا أن بها أسلحة شيوعية . فـ « هدية » مدينة برلين هي التي زجت به في بناء الدارة التي أنفق عليها كل ما يملك ، فاذا بها تصادر في طرفة عين . لقد كانت الجنسية الألمانية وبالاً عليـه كما قلت سابقاً فباكتسابها قد سعى إلى حتفـــه بظلفه ، لأنه لو ظل أجنبياً (سويسرياً) لحماه القانون من مصـــادرة أملاكه . وكذلك أحرقت كتبه على رؤوس الأشهاد .

●

ورجع انشتين إلى أوروبا ، عام ١٩٣٣ ولكنه لم يقصـــد إلى بلاده بل إلى بلجيكا . فالتقى هناك بالأب لامتر صاحب نظرية تمدد الكون . وكانت الملكة معجبة بالأب ، فكان ذلك سبباً لتقريب انشتين من القصر . وكانت الملكة تجد متعة في التحدث اليه والاجتماع به . واهتمت العـائلة المالكة والحكومة بتشديد الحراسة على ضيفهـا العلامـة الكبير خوفاً عليه من أن يفتـك به متطرفو الألمان .

وفي هذه الأثناء بعثت اليه الجامعة العبرية في فلسطين برسالة تسند اليه فيها كرسي الفزياء النظرية . فرفض ذلك بإباء . فهو لا يريد أن يُستغل اسمه لتغذية جامعة دولة ولدت لتموت .

●

ونصح اليه أصدقاؤه بمغادرة بلجيكا خوفاً على حيـــاته . فالخطر جاثم

والخصوم يتربصون به الدوائر ، ولا بد ان يصيبوه بأذى عاجلا أو آجلا ولو كان في بروج مشيدة . وليس عليه أن يفكر كثيراً ليحسم في مصيره . فالعروض تنهال عليه من أوروبا وأمريكا . فهذه جامعة مدريد تدعوه اليها . والكلية الفرنسية بباريس تعينه بالفعل أستاذاً فيها ولكنه لم يحضر . وغيرهما كثير . ولكنه لا يريد الإقامة في أوروبا بل في أمريكا . فلقد رأينا إبراهيم فلاكسنر أنه عرض عليه في السنة الفائتة العمل في معهد الدراسات العالية الذي أنشأه في برنستون على نمط الجامعات الألمانية في عهدها الذهبي . فلا يلتحق به إلا الموهوبون الذين حصلوا على الدكتوراه في العلوم الرياضية ويريدون التفرغ إلى أبحاثهم الخاصة تحت إشراف فطاحل العلماء .

وهكذا رؤي انشتين في أواخر تشرين أول سنة ١٩٣٣ في مرفأ سوسامبتون بانكلترا ينتظر باخرة متوسطة الحجم قادمة من انفرس لنقله إلى نيويورك ، فوصل إلى برنستون ليقيم فيها إقامة دائمة ويصبح مواطناً أمريكياً .

●

لقد كانت تشغل انشتين آنئذ ثلاثة أمور : الأول تحسين نظريتي النسبية الخاصة والعامة وصياغتها في بناء منطقي محكم . والثاني نقد نظرية الكم كما صورتها مدرسة كوبنهاغن على يد بوهر والثالث إيجاد المجال الفزيائي الحقيقي الذي يصار به إلى التعبير عن القوانين الفزيائية للظاهرات التي تقع في العالم على الصعيد الأدنى بلغة معادلات المجالين الكهرطيسي والجاذبي . وكان يعاونه في هذه المهمة شابان من العلماء يسمى أحدهما بيرغمان والآخر بارغمان فكان تشابه اسميهما مدعاة للضحك والمزاح .

●

ظلت للسيدة آنشتين ، الزا ، تهفو إلى وطنها ومسقط رأسها . ولكنها لم تلبث أن توفيت عام ١٩٣٦ . أن زوجته الأولى لم تغادر سويسرا ، ولكن ابنها الأكبر المولود في برن يشتغل اليوم مهندساً في الولايات المتحـــدة . وأما أخته الوحيدة مايا فقـــد غادرت فلورنسا عام ١٩٣٩ إلى برنستون لتزايد ضغط ضغط الفاشيست في إيطاليا ، بينما ذهب زوجها إلى سويسرا لبعض شأنه . وفي سنة ١٩٤١ اصبح انشتين مواطناً اميركياً . وفي سنة ١٩٤٥ اعـتزل التدريس وتفرغ الى ابحاثه .

وتنتهي الحرب ويظل سادراً في تأملاته بعيداً عن الناس . ولكن تجتذبه الى الحياة تطورات في السياسة الدولية وصراع ينشب بين الامم وسبـاق الى التسلح . فيدلي بحديث في التلفزيون يوجهه الى ترومان رئيس الولايات المتحـدة الاسبق : « لقد كان من المفروض اول الامر ان يكون سباق التسلح من قبيل التدابير الدفاعية . ولكنه اصبح اليوم ذا طابع جنوني . لانـــه لو سارت الامور على هذا المنوال فسيأتي يوم يزول فيه كل اثر للحيـــاة على وجه البسيطة » .

وعندما يحاول زعماء الصهيونيين اقناعه بان يتربـع رئيساً لدولة اسرائيل يرفض العرض ويقـول قولته المشهورة : « ان دولة تنشأ كما نشأت اسرائيل جديرة بالفناء » وابى الرجـــل الانساني ان يزج بنفسه في دولة الظلم والعدوان .

وفي ١٨ نيسان (ابريل) سنة ١٩٥٥ وفي مدينة برنستون اختفى ذلـــك العبقري وذهب الى مستقره الاخير وحلّ ضيفاً على الابد واخذ الناس يتحدثون عن انشتين من جديد ، واخذت الجامعات تتنافس للاستئثار بدماغ ذلك الرجل عساها تقف من فحصه على اسرار عبقريته . وما درت ان انشتين قد ذهب ، وان دماغه غشاوة من ماده موات تذروها الرياح ليس فيها بقية من حشاشة ولا

نبض من حياة . فلقد كان ينبغي دراستها في ابان خلقها وانتاجها ، وليس بعد ان يدب فيها الشلل والفناء .

لقد كان انشتين لفتة من عالم آخر لا تدركه ابصارنا ، عالم بعيد ، بعيـــد جداً . كان يرنو اليه بكيانه كله . وكانت له فيه شطحات وسبحات ، وكانت الموسيقى سبيله الوحيد للتنفيس عن ثورة عارمة لا يدركها الا ذووهـــا . فالموسيقى نشيد العظماء وسلوى الملهمين . غاص في الاعمـاق فكان الكون له مسرحاً ينتزع من غوزه الحكمة ، وتطلع الى الابعاد السحيقة فاذا به يلمح اطيافاً ما تجلت لغير عينيه ، وتُملى عليه الصور والفكر كما هي لا تعمل فيها ولا تصنع ، وانعكس ذلك كله في نفسه الهائمة الساهمة ، فانطلقت على سجيتها في كل شيء ، صدق في الاداء ، ودقة في التعبير ، ونصوع في السريرة . لقد استتب له التفكير الذاتي فجعل يعزف من صميمه ، من نبعه الخاص ، المتدفق ويسكب منـــه على الوجود فيغنيه ويزيد في ثرائه .

والخلاصة لقد كان اسطورة القرن العشرين . فعبقريتـه السامقة لا تناصيها عبقرية . وهي عصر لا كالعصور ، وحدث لا كالاحداث وجيل لا كالاجيال ، وومضة لا تجود بمثلها الاباد .

٢

لا يذكر القرن العشرون إلا ويذكر آنشتين ، ولا يذكر انشتين ، الا ويذكر القرن العشرون . واذن فكل من يتصدى لفهم القرن العشرين لامندحة له عن قراءة انشتين ، وكل من فهم انشتين فقد الم بالقرن العشرين . لذلك ، فاني اتوجه بهذا الكتاب عن انشتين الى كل من يود ان يفهم شيئاً عن العالم المصطرع المتناقض ، المعقد في هذا العصر .

والرأي عندي ان هذه المنزلة الفريدة التي يتمتع بها آنشتين في هذه الحقبة من تاريخ العلم هي من اكبر دواعي شهرته بين العام والخاص واعجاب الجماهير به ولو لم تستطع فهمه في غالب الاحيان . فلقد جاء غني من حاجة . فهو تعبير عن حاجة العلوم الى اعادة النظر في مبادئها ، والميكانيكا الى زلزلة الاسس التي اقامها عليها غاليليو ونيوتن بعد ان استنفدت جميع امكاناتها وتطلعت الى مجدد مصلح .

●

ان حاجة الانسان الى توكيد وجوده وتحسين ظروف حياته هى التي حفزته الى دراسة الطبيعة واجتلاء اسرارها . ولما تقدمت به المعرفة اخذ في تجميع ما تبعثر من الوقائع الجزئية وتنسيقها في مبدأ عام يربط به الظواهر المتفرقة ويشيع فيها الوحدة والانسجام . فتاريخ العلم هو صراع بين وحدة يراد ادخال اكثر عدد ممكن من الظواهر في اطارها ، وبين ظواهر شعثاء تتمرد على هذا التأطير . وقد صاحب هذه الحركة بطبيعة الحال سعي حثيث الى التقليل من

تشبيه ظواهر الطبيعة بالانسان والى عدم النظر الى احداثها من زاوية رغباته وامانيه واحاسيسه وعاداته العقلية . وبعبارة اخرى الى عدم اعتبار الطبيعة انساناً اكبر له خصائص الانسان الاصغر وارادته وغاياته . واقترن ذلك كله بنتائج عملية باهرة كان لها اكبر الاثر في تطوير حياتنا وتغيير اسلوب معيشتنا .

مرت حركة تفهم الكون بثلاث مراحل :

اولاها من عهد اليونان حتى نهاية القرون الوسطى واوائل العصور الحديثة ، وتمتد الثانية من القرن السابع عشر حتى الربع الاخير من القرن التاسع عشر ، وتمتد الثالثة من حوالي عام ١٨٧٥ حتى وقتنا الحاضر .

وتمتاز المرحلة الاولى بان العقل وقد تشبع بمبادىء فلسفة ارسطو كان يحاول تفسير الظواهر الطبيعية بقياسها على سلوك الانسان والحيوان ، فكان يصف حركات الاجرام السماوية مثلاً بنفس العبارات التي يصف بها افعال المخلوقات الحية ، فكما ان الحي يتجه الى غاية يسعى للوصول اليها فكذلك المادة الجامدة فالجسم يسقط على الارض ليحتل مكانه الطبيعي ، كالفأر يبحث عن حفرته ليبيت فيها . والنار تصعد الى اعلا لتنطلق الى عالمها الطبيعي ، وهو عالم الافلاك ، كالنسر يأوي الى عشه في اعالي الجبال . والمبادىء التي تسيطر على نظرة الانسان في هذه المرحلة هي مبدأ الافضل او العلل الغائية : تقدم الاكمل على الاقل كالاً ؛ افضلية الصورة الدائرية على غيرها على السطوح ، والصورة الكروية على غيرها من الاحجام ؛ افضلية ما هو فوق على ما هو تحت ، ما هو على اليمين على ما هو على اليسار ، ما هو أمام على ما هو وراء الخ . والاصطلاحات المستعملة في هذه الحقبة هي القوة والفعل والصورة والهيولي والعرض والجوهر ، والاعلى والادنى ، والشريف والخسيس ، والخير

والشر والخالد والفاني وعقول الافلاك والاجسام الروحانية والخ .

واما المرحلة الثانية فتمتاز بسيطرة الفكرة الميكانيكية عليها بفضل ابحاث غاليليو ونيوتن . فالظواهر الطبيعية تفسر بقياسها على سير الآلات البسيطة كالدولاب (العجلة) والرافعة . وشملت هذه النظرية جميع فروع العلم كالكهرطيسية والحرارة والتفاعلات الكيماوية وغيرها ، واخضع كل شيء فيها لقانون الحركة الذي وضعه نيوتن . وكان النجاح الذي احرزته هذه الطريقة من الوجهة العملية عظيماً جداً . وسرعان ما رؤي ان التفسير الميكانيكي يجب ان يكون نموذجاً للعلوم الفيزيائية ، بل لكل علم على الاطلاق .

ولكن كل حال يزول . وهذا يسوقنا للكلام عن المرحلة الثالثة وهي مرحلة العلم الديناميكي . فلقد بلغت وجهة النظر الميكانيكية اقصاها عام ١٨٧٥ ثم اخذت تذوي بعد ذلك لحدوث اكتشافات في ميادين جديدة في الفزياء جعلت من الصعب قبول التفسير الميكانيكي على علاته . فقد ظهرت ابحاث خرشوف وتجربة ميكلسون ومورلي وهرتز وماكس بلانك . ونقد ماخ وبوانكاريه فكرة القانون الطبيعي ثم جاء آنشتين بنظرية النسبية الخاصة والعامة فتوج ما بدأه سابقوه .

وتبع انهيار النظرة الميكانيكية رد فعل قوي في الدوائر الرجعية . فنادى الرجعيون بالويل والثبور . وقالوا ان تهافت وجهة النظر الميكانيكية معناه « افلاس العلم » ولذلك فمن الواجب الرجوع الى القرون الوسطى . وهذا هو السبب في عداء الكثيرين لنظرية النسبية وجلهم من اصحاب المدرسة الميكانيكية المتزمتة .

●

عُرف آنشتين باكتشافات عدة ليست نظرة النسبية غير واحدة منها وان تكون اهمها . فعند قدومه الى برن كانت تشغله مشكلة الضوء والحركة .

لقد كان معلوماً قبله ان الحرارة مرتبطة بحركة الجزئيات حركة غير منتظمة : فكلما ارتفعت الحرارة ازدادت هذه الحركة .لكن لم يكن هناك من دليل مباشر على وجود الجزيء ، لان التركيب الجزئي للمادة كان لا يزال فرضاً يمكن الشك فيه .

كان من الشائع المعروف ان دقائق من المادة صغيرة جداً ولكنها ترى بالميكروسكوب ، اذا وضعت في سائل فانها تنشط وتتحرك حركة غير منتظمة وقد اكتشف هذه الظاهرة العالم النباتي الاسكوتلندي روبير براون بالنسبة الى ذرات اللقاح الموضوعة في الماء فعرفت باسمه منذ ذلك الحين واطلق عليها الحركة البراونية . ولا ترجع هذه الحركة الى اهتزاز الوعاء او تيار الهواء او اي شيء آخر غير ذات الجزيء . وهي تزداد كلما ارتفعت حرارة السائل .

فجاء آنشتين عام ١٩٠٢ واعاد النظر في هذه الحركة وربطها بالنظرية السابقة التي تقول بحركة الجزئيات حركة غير منتظمة متناسبه مع درجة الحرارة . وبرهن على ان نتائج هذه النظرية تنطبق على الدقائق المرئية بالميكروسكوب ، اي ان الحركتين من نوع واحد . ومن ملاحظة حركة هذه الدقائق المرئية استخراج معلومات جمة عن الجزئيات غير المرئية ، فوضع قانوناً مؤداه ان معدل انتقال هذه الدقائق من اتجاه ما يكبر بنسبة الجذر التربيعي للمدة . واظهر في سنة ١٩٠٥ كيف يمكن تحديد عددا لجزئيات

في وحدة من الحجم ، وذلك بقياسه للمسافات التي تقطعها الجزيئات المرئية .

●

ثم ثبتت هذه النظرية أخيراً على يد الفزيائي الفرنسي يوحنا بران كما ادرجت ظاهرة الحركة البراونية فيما بعد في مقدمة البراهين « المباشرة » على الحقيقة الجزيئية .

●

من المعلوم ان أبسط الطرق لأحداث الحرارة هي إحماء سلك معدني مثلا فإذا تعرض هذا الجسم للحرارة تعرضاً كافياً تغير لونه باشتداد درجة حرارته . فهو يحمر أولاً ثم يصفر وأخيراً يبيض . وقد بذلت عدة محاولات لتفسير هذه الظاهرة فباءت جميعها بالفشل إلى أن جاء ماكس بلانك فوجد بالتحقيق الرياضي وحده معادلة تتفق مع نتائج التجربة . وأخص ما تمتاز به هذه المعادلة أنها تقوم على اعتبار أن الطاقة الصادرة عن الجسم المحمي لا تصدر عنه صدوراً متواصلا بل تصدر صدوراً متفاصلا أي على نحو متقطع ، على أجزاء أو مقادير منفصل بعضها عن بعض وأطلق بلانك على هذه الأجزاء المفترضة اسم الكوم جمع كم .

ولم يكن لبلانك سند من تجربة . لكنه استنتج بناء على أسس نظرية محضة ان كل كم يحمل في تضاعيفه كمية من الطاقة هذه معادلتها : (ط = هـ و) على اعتبار ان (و) ترمز إلى ذبذبة الضوء و (هـ) ترمز إلى ثابت بلانك ، وهو عدد صغير جداً ، ولكنه عدد لا يتغير ، وهو من أكثر الأعداد تأصلا في

الطبيعة . ومعنى هذا العدد بصورة مبسطة أن ذرات الأجسام لا تشع الطاقة ولا تمتصها اعتباطاً ، بل بمقادير محدودة هي مضاعفات لثابت بلانك . أي أن هذه المقادير وحدات عنصرية لا تتجزأ . فالعملة المستعملة هنا لا تقل عن الكم . فإما كَمّ صحيح أو لا كَمّ على الاطلاق . فالطبيعة هنا تسير قفزاً وتطبق مبدأ « الكل أو شيء » فهي لا تستعمل في جميع مبادلاتها عملة أقل من الكم .

ولم تتجل النتائج العميقة لاكتشاف بلانك إلا عام ١٩٠٥ عندما تصدى آنشتين لتطبيقه في ميدان آخر . لقد اكتفى بلانك بوضع معادلة الضوء ، ولكنه لم يقل لنا ما هو الضوء . فافترض انشتين أن جميع صور الطاقة المشعة (ضوء ، حرارة ، أشعة أكس) تنتشر في الفضاء بمقادير أو كموم متفاصلة . وهكذا فإحساس الحرارة الذي نستشعره ونحن أمام الموقد هو نتيجة لقذف جلدنا بوابل من كموم الحرارة المشعة . وكذلك إحساسنا باللون منشؤه قذف أعصابنا البصرية بوابل من كموم الضوء التي تتفاوت كبراً وصغراً . فاللون البنفسجي قوامه أجزاء كبيرة من هذه الكموم ، بينا اللون الأحمر قوامه أجزاء أصغر منها جداً . وإذ له فليس امتصاص الضوء وأشعاعه وحدهما يجريان بمقادير متفاصلة ، بل الضوء نفسه يتألف من أجزاء متفاصلة ، من كموم . وأطلق انشتين على كم الضوء اسم الضويئي (أو الفوتون) .

ثم اثبت آنشتين ذلك تجريبياً . لقد كان معروفاً قبلة أنه إذا وقع شعاع من الضوء البنفسجي الخالص على جسم معدني فأن سيلاً من الالكترونات ينطلق منه . لكن إذا وقع شعاع من الضوء أقل تذبذباً من اللون البنفسجي ، كاللون الأصفر أو الأحمر مثلا — على جسم معدني انطلقت الالكترونات أيضاً ، ولكنها بسرعة اقل من ذي قبل . فسرعة الألكترونات المنتزعة تتوقف فقط على لون الضوء ، (أي على ذبذبته) الذي يقع على المعدن وليس على شدته . وقد اكتشف هذه الظاهرة عام ١٩٠٢ أحد خصوم انشتين الألداء فيليب لينار الذي صادفناه في الباب السابق .

وهذه الظاهرة التي لم يستطع أحد تفسيرها هي دليل قاطع على صحة نظرية انشتين السابقة ، فما عليه إلا أن يسدد اليها الأنوار الكاشفة لنظريته السابقة . ففوتونات اللون البنفسجي أو ما بعد البنفسجي وما فوقه تخزن كمية من الطاقة أكبر مما تخزن فوتونات اللون الأحمر أو ما تحت الأحمر ، وتتناسب السرعة التي ينطلق بها كل الكترون من الجسم المعدني مع طاقة الفوتون الذي وقع عليه . وصاغ انشتين هذا المبدأ في سلسلة من المعادلات الرياضية ووضع له قانوناً عاماً هو القانون الضوء ـ كهربي الذي رأيناه يُمنح جائزة نوبل من أجله .

●

ان جميع أفكارنا تقوم على تمثلنا للأشياء تمثلا يأخذ اللاحق فيه بعنق السابق من الزمان وتتحاذى الأجسام فيه نوع تحاذ في المكان . فالزمان والمكان فكرتان واضحتان يبدو أن من المستحيل تعريفهما بكلمة أخرى غيرهما . ويخيل الينا أنهما أمران موجودان في الخارج وجوداً عينياً .

هذا وإن فكرتي الزمان والمكان اللتين تنزلان عندنا منزلة اليقين والضرورة يثبت التاريخ انهما فكرتان قد تطورتا كثيراً وأنهما من صنع العقل ، وليستا من بديهة الاستبطان . فقد نضجتا بنضج العقل البشري ونشأتا بنشأته .

فأشعار هوميروس (في القرنين التاسع والثامن قبل الميلاد) لا ترد فيها كلمة « مكان » . وكذلك الحال في الفلسفة اليونانية في بداية نشأتها ، فهي لا تعرف كلمة « مكان » بل كلمة « محل » أو « موضع » الأشياء . وأما المكان الخالص ، أي انعدام الأشياء والزمان الخالص ، أي انعدام الأفكار والمشاعر ، فهما فكرتان مجردتان تكونتا بالتدريج . ولم يتم تجريد هاتين الفكرتين لدى اليونان

إلا في عهد الأيونيين ابتداء من القرن السادس قبل الميلاد .

●

إن فكرة الزمان المُعاش على جانب كبير من التعقيد . فالفترة التي تفصل بين حالتين من حالات الشعور عند أحدنا تتألف منها فكرته عن المدة لكن تقدير هذه المدة ليس دقيقاً أبداً : فهو يتوقف على عدد الحوادث التي نراجعها في هذه المدة وعلى شدتها وعلى طابعها العام .

يضاف إلى ذلك أن شعورنا الغامض بالمدة يتقلب في مراحل مختلفة ويسرع كلما تقدم بنا العمر . فالشيخوخة تحدث تغييراً في مجرى الزمن . فالأيام فيها تجري سراعاً وتنطوي طياً ، بينما أيام الطفل تمشي على هنتها . ويحاول الفسيولوجيون اقتناص هذا الشعور وقياسه بربطه بسرعة التئام الأنسجة في مختلف مراحل العمر . وإذا كانت الصلة بين هاتين الظاهرتين لم تتجل بعد الجلاء كافياً فليس غريباً أن نتصور في مقابله هبوط حدة الحواس وبطء المنعكسات تغيراً في قيمة أيامنا وقرارها .

إن مجرى الزمن مرتبط فينا بتغير المواد الفروية لخلايا جسمنا ، وعلى الخصوص خلايا الدماغ . فإن أنواع الشذوذ التي تطرأ على شعورنا بالزمن المباشر في بعض الحالات غير السوية (النوم) او الحالات الموضية (حمى ، تسمم) يقابلها تغيرات في توازن الفرويات للجهاز العصبي . ويخضع تغير هذه الفرويات للمبدأ الثاني من مبادىء الديناميكا الحرارية مبدأ كارنو ، ألا وهو مبدأ اللارجعة فمحور الزمن له اتجاه واحد هو الاتجاه الأمامي ، ولا يرجع إلى الوراء أبداً . ومبدأ اللارجعة هذا يسيطر على حركة التطور في الكائنات جميعاً ، وتسود فيه فكرة الاحتمال : فالحالة الأكثر احتمالاً تعقب حالة أقل احتمالاً من غير أن ترجع إلى الوراء . وهذا هو السبب الذي يحول دون نكوص

المجاميع المعقدة (ومنها الإنسان) وتقهقرها عبر الزمن . وإذن فمجرى حياتنا، ومجرى زماننا المعاش الذي لا يُقهر هما حالة خاصـــة من حالات مبدأ من مبادىء فيزياء المجاميع المعقدة .

●

وقد يبدو لاول وهلة ان زمان الساعات اضبط الاوقـــات واحكمها . ولكن هيهات ! فزمان الساعات وان يكن اضبط من الزمان النفسي نسبياً الا انه ليس ثابتاً على كل حال . والقول بثبوتة امر فرضي يراد به تنظيم حياتنـــا العملية ، ولكنه غير دقيق نظرياً . فاذا كانت الساعات تصلح لقياس الاوقات الطويلة . ذلك اننا اذا جئنـــا بساعتين جيدتين وضبطناهما ضبطاً محكماً ثم راقبناهما مدة طويلة نجد ان الفرق بينهما يزيد كلما طال عليهما العهد . وكذلك الايام ليست متساوية فالساعة الجيدة التي تسجل فرقاً في اليوم قدره ثانيــة او اقل تكفي للبرهنة على تفاوت الايام الشمسية فيما بينها : فاليوم الواقع في ٢٣ كانون اول (ديسمبر) يزيد بمقدار احدى وخمسين ثانية عن اليوم الواقع في ١٦ ايلول (سبتمبر) .

وقد كان يظن ان اليوم النجمي ثابت ثبوتاً مطلقاً . فلقد لوحظ ان شروق النجوم وغروبها وذلك لشدة بعد النجوم عن الارض . وقد بديء العمل بهذا الزمان منذ نهاية القرن السابع عشر ولا يزال يستعمل الى يومنا هذا في المراصد والتقاويم الفلكية . فساعة المرصد لا تختل في العادة الا بمقدار جزء بالمئة من الثانية تقريباً .

ومع هذا فاليوم النجمي عرضة للخلل ايضاً ، ذلك لانه يظل معتمداً على دوران الارض في الفضاء وليس على دوران النجـوم ، ودوران الارض ليس طليقاً بل تعرقله عوامل عدة اهمها ان الفضاء مشحون برواسب كونيـة نرى

بعضها ليلاً على هيئة شهب ونيازك ، ومن شأن هذه الرواسب ان تكبح من حركة الارض حول نفسها وحول الشمس ، وبالتالي ان تبطيء اليوم النجمي . وكذلك ينهمر في جميع الاوقات وابل من الاجرام السماوية على الارض فيزيد من كتلتها وتبطؤ حركتها . ولكن اهم العوامل المعوقة التي ينتج عنها تباطؤ الزمن هي قوة الاحتكاك اتساع مدار القمر في فلكه وبالتالي ابتعاده عن الارض ، وبابتعاده يطول الشهر القمري . وسيأتي زمن يصبح طول اليوم فية ٤٧ يوماً من ايامنا الحاضرة ! وكل آت قريب .

●

هذا وقد استبدت فكرة اطلاق الزمان والمكان وتأصلها في الوجود بجميع الاذهان وكانت مناط البحث العلمي . فالعلم منذ ارسطو حتى عصرنا هذا يقوم على افتراض ان الزمان موجود وجوداً مطلقاً وكذلك المكان . وبعبارة اخرى كان لا يدور بخلد احد ان طولا من الاطوال او مدة من المدد يمكن ان يختلفا باختلاف الاشخاص . فهما معطيان ثابتان مطلقان لا يأتيهما الباطل من بين يديهما ولا من خلفهما . فنيوتن ابو الميكانيكا التقليدية كان يعتبر نفسه انه يردد قولاً معاداً عندما قال : « ان الزمن المطلق الرياضي الحق ، منظوراً اليه في ذاته ، ومجرداً عن أي ارتباط بموضوع خارجي ، يجري على نمط واحد بفضل طبيعته الخاصة ... والمكان المطلق – من جهة اخرى – مستقلا عن اي ارتباط بالاشياء الخارجية يظل سرمدياً لا حراك به ابد الآبدين ودهر الداهرين » .

فالعلم ، والفزياء ، والميكانيكا كما لا تزال ُتعلّم في المدارس والجامعات حتى اليوم ، تقوم جميعا على مقالة نيوتن ، على تصريحه بوجود زمان مطلق ومكان مطلق ، منظوراً اليهما في ذاتهما وبغض النظر عن متعلقاتهما الخارجية .

ومع هذا فمنذ نيوتن ، بل ومنذ ارسطو ، كان يمكن بقليل من أعمال الفكر الفلسفي تبين خطأ هذه النظرة . فالتعينات الزمانية والمكانيـــة التي نلصقها بالاشياء لا تتلقاها حواسنا الا بسبب من الانطباعات التي ترد الينا من الخارج . ترى هل عساناً ان نفكر بالزمان والمكان لو محقت جميع الاشياء التي ننظر اليها من خلالها ، وبالاحرى التي ننظر من خلالهـا الى الزمان والمكان ؟ اجاب ابيقور على شطر من هذا السؤال منذ أكثر من الفي عـــام بقوله : « لا وجود للزمان بذاته ، بل وجوده بالاشياء المحسوسة وحدها ، تلك الاشياء التي نشأت عنها فكرة الماضي والحاضر والمستقبل . ان الزمان لا يمكن تصوره بذاته مستقلا عن حركة الاشياء او سكونها »

ويرجع الى بوانكاريه بحق فضل السبق الى القول بأن الزمـان والمكان أمر ان نسبيان . ان هذا العالم العظيم هو صاحب الفضل في كثير من الامـور التي تعزى في العادة الى آنشتين . ولكن هذا لا يغض ابداً من فضل انشتين الذي برع في غير هذا القول .

فبوانكاريه يرى « أن من المستحيل تصور المكان الخالي ... فكل مـن يتكلم عن المكان المطلق انما يهذر في كلام لا معنى له .. » فلو كبر حجم العالم الف ضعف عن حجمه الحالي فانه يظل يبدو لنا كما هو ، ولا تحس اجسامنا بأي فرق ، لان جميع الاطوال والمقاييس تكبر بهذه النسبة أيضاً . فالمكان نسبي ، ولا يمكننا تصوره مستقلا عن الاشياء التي يقاس بها . وكذلك الحال في الزمان وأوغل بوانكاريه في نسبيته هذه حتى قال أن دوران الارض حول الشمس لا يخرج عن كونه فرضاً أيسر من الفرض القديم واقرب تناولاً ولكنه ليس اصح منه ، لان فكرة الصحة تتضمن فكرة الاطلاق .

وإذا كان لي أن اخص في شيء من التصرف وجهـة نظر بوانكاريـه

وأمثاله من القائلين بنسبية الزمان والمكان قبل انشتين فاني اقـــول : يرى هـؤلاء ان الامتار هي التي تخلق المكان وان الساعات هي التي تخلق الزمان .

●

يخلص معنا من ذلك ان الزمان المطلق لا وجود له ، بل هو رهن بالحركة ، وكذلك لا وجود للمكان المطلق ، بل هو رهن بالاشياء المتمكنة ، أي التي تحتل مكانا . ان المطلق حلم يدغدغ جميع العقول منذ فجـر الفلسفة حتى اليوم ، ومثل أعلى يصعب التخلي عنه . لقد احب الجميع المطلق وارادوا أن يتصوروا الكون على غراره وكانوا يغمضون أعينهم عن متطلباته التي لا تروق للعلم ولا للفلسفة . وكأي من مرة اتهم العقل ذاته وادواته وتجاربه لانها لا تصل الى تحقيق هذا المطلق . فكأني بالعقل في جميـع هذه المحاولات الفاشلة يريد ان يصحح الكون الذي يتمرد على كل اطلاق ، وان يفرض عليـه ما يجب ان يكون .

●

وتجيء التجربة التالفة ضغثا على إبالة . من المعلوم ان الضـوء ينتشر في الفضاء بين النجوم ، والا لما امكننا رؤية هذه النجوم . ولقد حملت النظرة السائدة بين العلماء في القرنين الماضيين على نسبة خصائص ميكانيكيـة الى الفضاء ، على تطبيق قوانين الميـكانيـكا التقليدية على عـلم البصريات ، على تمدية الفضاء (مليئة بالمـادة او اعتبـاره ماديا) بفرض وجـــود الاثير فيه .

فعلماء الفيزياء في القرنين الثامن عشر والتاسع عشر كانوا يقولون انه اذا كان

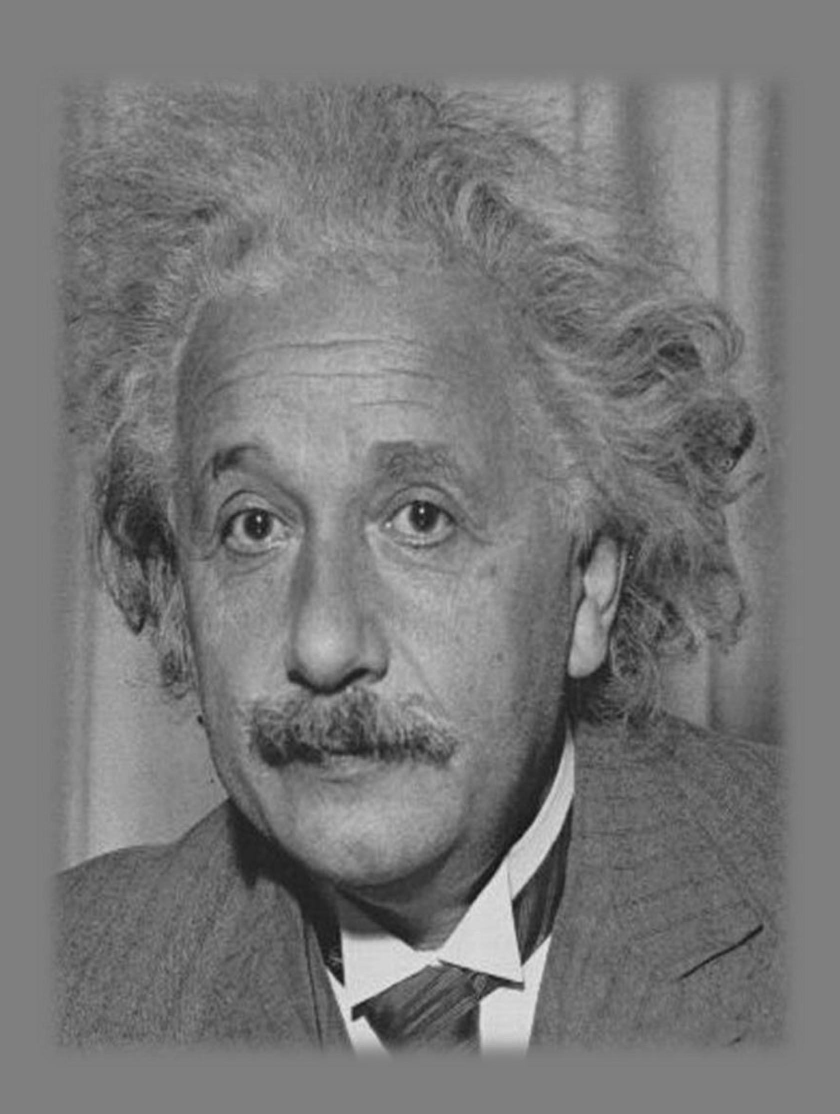
الضوء يتألف من امواج ، فلا بد من وجود وسط حامل لهذه الامواج ، كما ان الماء ينقل امواج البحر ، والهواء ينقل امواج الصوت . فلولا الماء لما وجدت امواج البحر ، ولولا الهواء لما وجدت امواج الصوت . هذا الوسط هو الاثير . وقد عرف اللورد سلسبري الأثير بانه فاعل الفعل « تموج » . فكان العلماء يرون ان الاثير يملأ كل مكان ويتخلل كل مادة . ثم جاء فراداي فعدل فكرة الاثير واعتبره ناقع للقوى المغناطيسية والكهربائية . واخيرا لما جاء مكسويل بنظريته القائلة بان الضوء اختلال كهرطيسي ظن ان نظرية الاثير قد استتبب امرها .

●

واذا شبهنا امواج الضوء في الاثير بامواج الصوت في الهواء قامت صعوبات جمة لا بد من مواجهتها . فالمعلوم ان الطائرة او القذيفة عندما تندفع في الجو تعترضها مقاومة الهواء لها كما انها تجر معها كمية من الهواء طوال رحلتها . تُرى اذا كانت الارض تسبح في الاثير فهل من الممكن الوقوف على حركتها فيه وهي تدور حول الشمس ؟ وهل يكبح هذا الاثير سير الارض وغيرها وهي تندفع فيه ، وهل تجر معها كمية منه كما هو الحال في الطائرة او القذيفة ؟ اجابت التجربة جوابا متناقضا : فقالت لا ، تارة ، وقالت نعم، تارة اخرى .

●

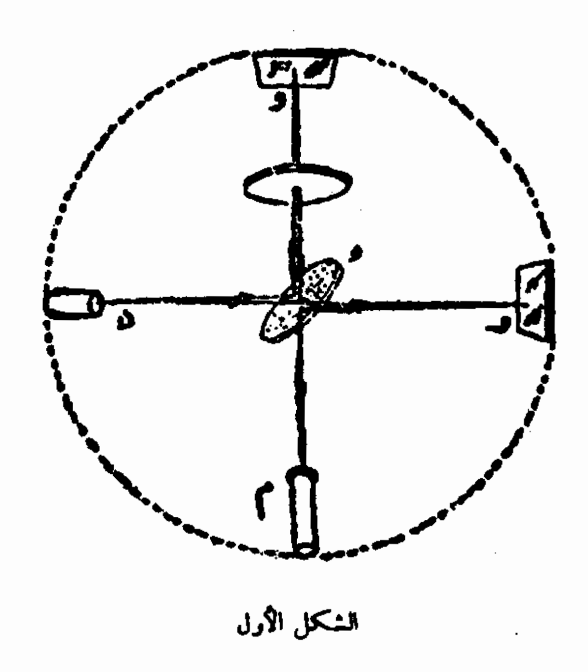
هناك اولا ظاهرة الحيود التي اكتشفها برادلي منذ زمن طويل . ومؤداها اننا اذا نظرنا الى نجم من خلال منظار مكبر فان صورة النجم لا ترتسم على العدسة في اتجاه النجم بالضبط بل تحيد عنه قليلا . وعلة هذا الحيود انتقالَ المنظار بانتقال الارض في دورانها حول الشمس انتقالاً طفيفا ، وهذا دليل على ان الاثير الذي يملأ المنظار ويحيط بالارض لم يشارك في حركتها ، اذ لو شارك



لأرتسمت الصورة في موضعها الصحيح . وثمة تجارب أخرى مماثلة أدت إلى النتيجة عينها .

●

وجاءت تجربة أخرى تقول أن الأثير لم يشارك في حركة الأرض مشاركة تامة ويندمج بها اندماجاً لا يسمح بظهور أي فرق بين الحركتين . فلقد قام ميكلسون ومورلي في كليفلند (أمريكا) عام ١٨٨١ بتجربة حاسمة في هذا الشأن . ومبدأ هذه التجربة بسيط للغاية : فإذا غادر شخصان مكانهما وانطلق احدهما في اتجاه الآخر فلا بد أن يلتقيا بأسرع مما لو ظل أحدهما في مكانه بانتظار الآخر . والسباحة في اتجاه الماء أسهل ، وبالتالي أسرع ، منها في الاتجاه



الشكل الأول

المعاكس أو الاتجاه العمودي عليه . فاذا انطلقت شعاعتان من النور إحداهما في

اتجاه حركة الأرض والأخرى في الاتجاه المعاكس أو العمودي عليهـا ، فلا بد ان تصل الشعاعة الأولى إلى منتصف الطريق بينهما قبل الشعاعة الثانية ، لأن سرعة الارض ستضاف إلى سرعتها . هـــذا ما يعلن المنطق السليم والقياس الصائب ، وقانون جمع السرعات في الميكانيكا التقليدية . ولكن يحـلو للتجربة أحياناً تتجاهل المنطق ، وتسخر بالقياس ، ويخطىء في الحساب !! وهذا مـا حدث في تجربة ميكلسون – مولي .

لنفرض أن شعاعة من النور (ن) تخرج من مصدرها وتقع على المرآة (هـ) وهي مرآة نصف مطلية بالفضة ، أيَ نصف شفافة ونصف عاكسة ومـــائلة بمقدار ٤٥ درجة . فلا بد أن تُشق الشعاعة كما في الشكل إلى شقين : المعكوسة (ن هـ د) والنافذة (ن هـ و) وتوجد في كل من (د) و (و) مرآة عادية على بعد واحد من المرآة (هـ) تعكس كلا من الشعاعتين (ن هـ د) و (ن هـ و) الى المرآة (هـ) . وهنا عند التقائهما ثانية تعكسان عكساً نصفياً إلى (م) أي أن نصف الشعاعة الشمالية يخـــترق المرآة إلى (م) ونصف الشعاعة الشرقية ينعكس عنها إلى (م) أيضاً حيث يوجد جهاز خاص اسمه مقياس التداخـــل الضوئي يكشف لنا عما إذا كانت الشعاعتان قد وصلتا معاً إلى (م) في وقت واحد أم وصلتا متلاحقتين .

في هذه التجربة شعاعتان : احـداهما في اتجاه حركة الأرض والأخرى في الاتجـاه العمودي عليهـــا . وإذن فمن المنطق أن تصل الأولى قبـل الثانيـــة .

على هذه الأسس أجرى الدكتور ميكلسون والأستاذ مورلي تجربتهما التاريخية الخطيرة ببالغ الدقة والإحكام . ولكن لسوء الحظ ، بل لحسن الحظ ، وصلت الشعاعتان معاً في وقت واحد بالضبط ، ولم يظهر أي فرق في مدة رحلتي الشعاعين .

صحيح أن سرعة النور عظيمة جداً (٣٠٠,٠٠٠ كيلومتر في الثانية) وأن حركة الأرض حول الشمس بطيئة جداً (حوالي ٣٠ كيلومتر في الثانية) وأن الطريق التي تقطعها الشعاعتان في التجربة قصيرة جداً ، إلا أن الجهاز كان من الدقة بحيث يمكنه أن يسجل فرقاً قدره جزء من الكيلومتر الواحد في الثانية . وقد أعيدت التجربة مثنى وثلاث ورباع في أزمنة مختلفة وفي أمكنة مختلفة ، فكانت النتيجة واحدة . لقد وقع ما لم يكن بالحسبان . فالنور ينتشر بسرعة واحدة سواء كان في اتجاه حركة الأرض أم في الاتجاه المعاكس أو المعامد . وإن دلت هذه التجربة على شيء فإنما تدل على أن الأثير يشارك في حركة الأرض ، وبالتالي على أن من غير الممكن اكتشاف سرعتها فيه .

●

لقد وقع العلم في مأزق . فأي القولين مؤذن بالصحة وأيهما أولى بالإتباع ؟

تُرى ما دهى الطبيعة وهل جُنّ جنونها فما تدرك مغبة عملها ؟

يقول فرنل : « إن الطبيعة لا تعبأ بالصعوبات التحليلية » وأضيف على ذلك أنها لا تكترث للصعوبات الفلسفية ولا لقوانين المنطق ، بل ولا لمقتضيات الفيزياء . انها تعمل والسلام . وأما القول بأن فكرة من الفكر لا تكون صحيحة إلا بمقدار ما تنطبق على عقولنا فهو هراء من هراء . لأن ذلك معناه أن الكون قَدَّ قدّ بالضرورة وفاقاً لمقولات عقلنا وإنه يحرص على الانسجام مع مطالب فكرنا . وهذا لعمري رجوع إلى غائبة القرون الوسطى وإلى غرور النظرة التي تجعل الأرض والإنسان مركز العالم . فليكن الكون ما يحلو له أن يكون ، وما علينا إلا أن نسجل كينونته .

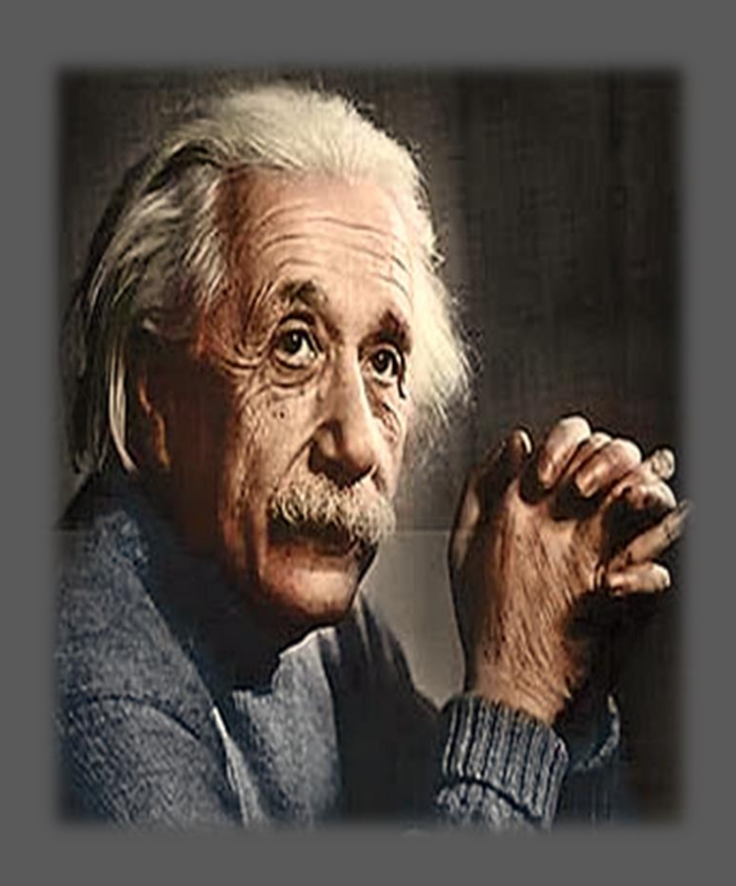
●

والخلاصة لقد أرتج على العلماء وحاروا في تفسير هذا التناقض في سلوك الطبيعة . فقال قوم أن في الأمر سراً . واتهم آخرون إحدى التجربتين . وكذلك انقسم العلماء على انفسهم زهاء ربع قرن وكانوا شيعاً واحزاباً لا يدرون ما هم فاعلون .

فهم امام امرين : اما ان يتخلوا عن نظرية الاثير (التي فسروا بها ظواهر كثيرة : كهربائية وكهرطيسية وضوئية) لعجزها عن اكتشاف الارض فيه ، اما ان يتخلوا عن اكتشاف حركة الارض فيه واما ان يتخلوا عن نظرية كوبرنيقوس التي قامت التجربة على صحتها والقائلة بان الارض متحركة . لقد كان الرجوع الى نظرية بطليوس القائلة بسكون الارض احب الى نفوس كثير من الفيزيائيين من القول بان الامواج – الامواج الضوئية والامواج الكهرطيسية – يمكن وجودها من غير وسط تتموج به . لقد وضع العلماء فروضاً عدة، ولكنهم لم يلبثوا ان عدلوا عنها . اعاد مورلي وميكلسون التجربة واعادها كثيرون من بعدهما ، ولكن عبثاً . فالنتيجة ظلت هي هي : ان سرعة الارض الظاهرة في الاثير تساوي صفراً .

●

لقد سددت هذه التجربة ضربة قاصمة لفكرة الاطلاق في الطبيعة فالاطوال والابعاد امور نسبية . والمسافة بين نقطتين اثنتين لا يظل مقدارها ثابتاً ، بل هي تتراوح طولاً وقصراً . هذا ما افترضيه فتزجرالد ثم لورانتز قبل انشتين بحوالي عشرة اعوام . فالمسافة (ن هـ و) في الشكل السابق يتغير طولها تبعاً لاتجاهها . فاذا كانت في اتجاه حركة الارض اصابها تقلص طفيف لا يلحق بها وهي في الاتجاه العمودي . وكذلك المسافة (د هـ م) وهذا التقلص في احد الاتجاهين هو الذي جعل الشعاعتين تصلان معاً بحيث يعوض الفرق بينهما .



وقد اعيدت التجربة باجهزة تتألف من مواد مختلفة ، فكانت النتيجة واحدة . ومعنى هذا ان طبيعة المادة التي يتألف منها الجهاز (معدن ، زجاج ، حجر ، خشب الخ) لا دخل لها مطلقاً في حدوث التقلص . فجميع الاجسام تتقلص في اتجاه سرعتها ، فالتقلص أذن مرتبط بالسرعة ، فكلما كان الجسم سريعاً زاد تقلصه .

وهذا التقلص ليس امراً غريباً لا نظير له في الطبيعة ، فاذا دفعنا بكرة من الكاوتشوك مثلاً على الحائط بشدة فانها تتقلص قليلا في اتجاه حركتها بمقدار زخم الضربة . ان فرض فتزجرالد شيء قريب من هذا . ان تقلص جسم من الاجسام الارضية لا يمكن لسكان الارض ان يشعروا به . واذا كان لأحد أن يلاحظ هذا التقلص فلا بد أن يكون كائناً اجنبياً عن الارض لا يشارك في حركتها كأن يكون من سكان المريخ مثلا .

●

لم يقتصر أمر لورنتز على الاتيان بفرض جريء كما فعل فتزجرالد . بل لقد أراد ان يرى ماذا يتأتى لمنطوق مختلف القوانين عندما ينتقل الجسم الخاضع لها من عالم الى آخر . ان هذه المسألة بسيطة رياضياً . فكل ما هو مطلوب انما اجراء تعديل في الاحداثيات فالمعلوم انه لتحديد موقع أي جسم لا بد له من ثلاثة احداثيات : احداثي الطول (ط) والعرض (ض) والعلو (ع) . فنقول أن الطائرة مثلا تقع عند تقاطع خط عرض كذا بخط طول كذا على ارتفاع كذا من الارض . ولما كانت حركة الجسم لا تكون غالباً ألا في اتجاه طوله (ط) فان الاحداثيين الآخرين (ض) و (ع) لا يعنينا امرهما ، لان تقلص الاجسام لا يكون الا في اتجاه طولها .

فاذا انتقل الجسم من عالم الارض الى عالم الشمس مثلا فلن يتغير منه الا (ط)

مهما كان التغير طفيفاً ، وهذا التغير يتوقف على سرعة الجسم في العالم الآخر . واصطلح لورنتز على تسمية هذه السرعة بـ « الزمن المحلي » . ولذلك استبدل الحرف (ط) رمز الطول بالحرف (ز) رمز الزمن . واما (ض) و (ع) فيظلان على حالهما . هذا هو مبدأ ما يسمى بتحويله لورنتز ولن نخوض في تفاصيلها الرياضية . فحسبنا أن نقول ان هذا الاصطلاح الجديد « زمن محلي » لم يكن له في ذهن لورنتز اي معنى فيزيائي يدل على شيء حقيقي بالذات . فهو حيلة رياضية للتعبير عن الوضع الجديد للجسم من العالم الدخر ، لا أكثر ولا أقل ، كسائر الاصطلاحات والرموز الوهمية التي تستعمل في الرياضة .

●

وهنا يتفتق ذهن آنشتين . فما كان وهماً عند لورنتز ينقب حقيقة واقعة عند آنشتين . فنظرية النسبية هي أعظم محاولة تركيبية قُدّر للفكر البشري ان يشهدها مع انها تقوم في أساسها على الصدفة . إذ لو لم يُدخل لورنتز في معادلاته اصطلاح « الزمان المحلي » الذي لم يكن له في ذهنه أي معنى ذاتي ، فاننا لا نستطيع أن نقطع بما كان عسى ان يتمخض عنه دماغ آنشتين . ولكننا نمسك عن الاسترسال في هذا التفسير الذي يعلق على الصدفة قيمة قد تكون اكبر مما ينبغي . فما لنا ولهذا اللغو . فالحوادث تترابط وتتداعى ويأخذ بعضها برقاب بعض حتى ليصعب التمييز فيها بين نصيبها ونصيب العبقري . والعبقريات قد تتخذ من أتفه الامور نقطة انطلاق لها ، كالكيل الطافح بالماء ينسكب لأقل هزة . فسقوط التفاحة الذي يجري كل يوم أمام اعيننا اختار نيوتن وحده من بين افراد العالمين : ليقدح له بمعنى جديد . وكذلك الشأن في نظري في كل عبقري على تفاوت في الحالات . فما نظنه سبباً جوهرياً قد لا يعدو ان يكون فرصة مناسبة للتفتق العبقري .

●

وكذلك يجب الا نعلق اي اهمية على الزعم القائل بأن صـــرح نظرية النسبية يدين بكل وجوده لتجربة ميكلسون – مورلي . إن هذا قصر في النظر ، وضعف في التقدير والحساب وخطأ في الاستنتاج ، كان يمكن التغاضي عنه لو قيل في القرون الوسطى او في القرنين السالفين ، حيث كانت تسود الميكانيكا التقليدية . وأما اليوم عصر العلم الديناميكي ، فلا يجوز السكوت عن هذه المزاعم . فتجربة ميكلسون – مورلي قد وسمت الشقة بين الديناميكا الكهربائية والميكانيكا وزادت من حدة الأزمة التي كانت تعاني منهـــا العلوم الفيزيائية قبلها ، فطفح بها الكيل ، وكان لا بد لهـــا أن تتمخض عن مولود جديد ، فتمخضت عن آنشتين الذي جـــاء على موعد مع الاحداث .

●

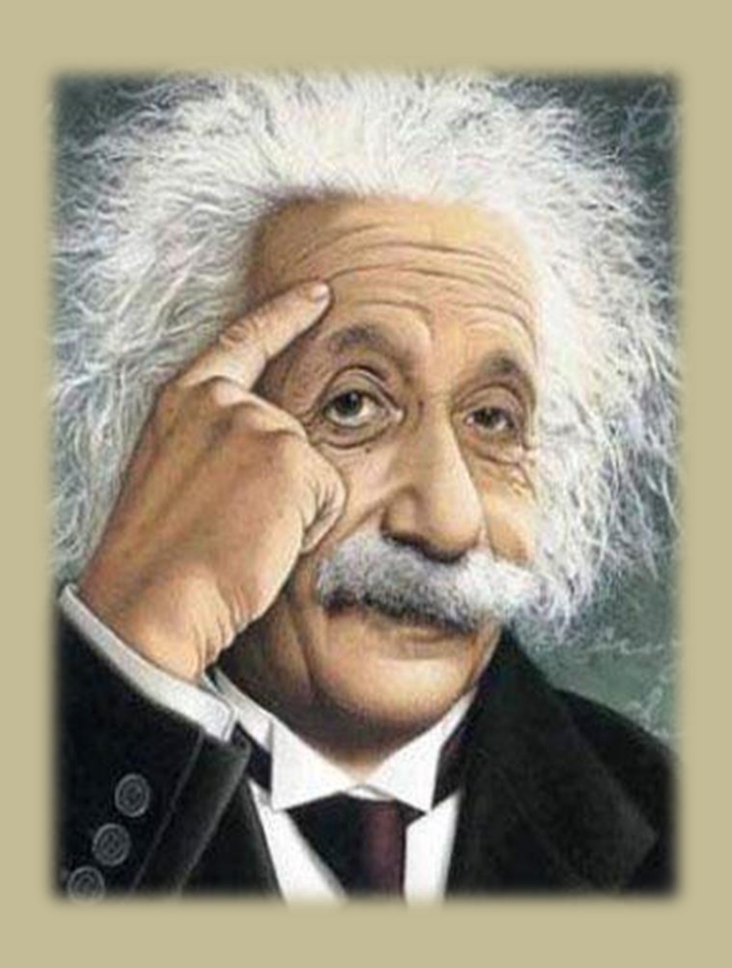
لقد استنطق آنشتين تجربة ميكلسون ومورلي واستقرأ نظرية فتزجرالد ولورنتز فاقتنص منها اشياء واشياء . اتهم الميكانيكا التقليدية وانتقد فكرتنا عن الزمان المطلق . لقد وضع يده على السر . لقد اكتشف لماذا تعارض الطبيعة في الاجابة على السؤال المتعلق بفشل هذه التجربة : فالسؤال لا معنى له بالنسبة الى الطبيعة . ان الخلاف منشؤه افكارنا الخاطئة عن الزمان والمكان . ففي سنة ١٩٠٥ وكان في السادسة والعشرين من عمره نشر بحثاً استهله بانكار وجـود شيء اسمه « الاثير » تتحرك الاجسام بالنسبة اليه حركة مطلقة . اذ لو كان موجوداً لامكن اكتشاف آثاره . وهاجم الفكرة السائدة عن المكان متطوراً اليه كإطار ساكن مطلق يمكن التمييز فيه بين حركه مطلقة وحركة نسبية ان سرعة النور يجب ان تكون واحدة ثابتة لما وصلت الشماعتان معاً . فسرعة الارض لا تزيد من سرعته كما لا تنقصها . ولقد حققت التجربة نبوءة آنشتين فيما بعد . وتشبه هذه السرعة القصوى من نواحي كثيرة درجة الحرارة

٢٧٣ تحت الصفر والتي تسمى درجة الصفر المطلق ، وهي الحد الاقصى للبرودة لا يمكن تخطيه .

ولو كان الكون ساكناً وكانت سرعة النور لحظية (أي تغمر الكون كله دفعة واحدة كلمح البصر) لكان الزمان مطلقاً . ولكن الكون دائب الحركة فالنجوم والسدم والمجرات لا تعرف السكون . وحركاتها لا يمكن وصفها إلا بنسبة بعضها إلى بعض ، إذ ليس في الفضاء اتجاه أولى من اتجاه ولا حد أولى من حد ، وليس فيه نجم كبير ونجم صغير ، ونجم سريع ونجم بطيء ونجم عال ونجم واطيء بل فيها نجم اكبر من نجم ، ونجم أسرع من نجم ، ونجم أعلى من نجم ، فالمكان كما يقول ليبنتز قبل انشتين بقرنين من الزمن . « هو نظام علاقة الاشياء بعضها مع بعض » فاذا لم يكن فيه شيء لم يكن شيئاً .

إن النور هو الوسيلة الوحيدة لنقل ظواهر الطبيعة من مكان إلى آخر . ولما كانت سرعة النور محدودة (٣٠٠,٠٠٠ كم ف.ث.) وليست لحظية ، فالزمان نسبي ، لأن النور الذي ينقل الحادثات من مكان إلى آخر يستغرق وقتاً . فلكل عالم زمانه المحلي الخاص به .

إن أكثر ما يحيط بنظرية النسبية من غموض مرجعه تلك الصعوبة التي يجدها الإنسان في القول بأن الإحساس بالزمن – شأن الإحساس باللون – صورة من الإدراك الحسي . فكما أن اللون لا وجود له إذا لم توجد عين تميزه ، فكذلك الدقيقة والساعة ليسا شيئاً إذا لم تكونا أمارة على حادثة . وكما أن المكان ليس غير نظام الأشياء المادية فكذلك الزمان ليس غير نظام الحوادث . ولقد ألح انشتين على هذه الفكرة : ذاتية الزمان ، ولم ين عن ترديدها في جميع كتبه أو أهمها على الأقل . فقال في الصفحة الأولى من الـ « أربع محاضرات في نظرية النسبية » مثلا : « تبدو لنا خبرات الفرد منسقة في سلسلة من الحوادث . وتبدو لنا كل حادثة من هذه السلسلة كأنما هي منتظمة تبعاً لمعيار الـ « قبل » والـ «بعد»



أو « المتقدم » و « المتأخر » أو « السابق » و « اللاحق » . وبالتـــالي فلكل فرد « أنا ــ زمان » أو زمان شخصي أو ذاتي . وهذا الزمـــان لا سبيل إلى قياسه . حقاً إني استطيع أن أربط كل حالة شعورية برقم من الأرقام ، بحيث يقابل كل حالة لاحقة رقم أكبر من رقم الحالة السابقة . ولكن طريقـة هذا الربط تظل اعتباطية على كل حال . ويمكنني كذلك القيام بهـذا الربط على نحو أدق بواسطة الساعة ، وذلك بمقارنة الحالات الشعورية بعضهـا ببعض . ونعني بالساعة شيئاً يبيح لنا سلسلة من الحوادث يمكن تعدادها » .

•

وإننا برجوعنا إلى خبرتنا الخاصة بالساعة نموضع فكرة الزمان (أي نجعلها شيئاً موضوعياً) . ومع هذا فقد رأينا أن الفترات الزمانية التي تقيسها الساعة ليست كميات مطلقة مفروضة على الكون كله بمرسوم إلهي . كلا فجميع ساعاتنا قد ضبطت تبعاً للنظام الشمسي . فما المدة التي نسميها ساعة إلا قيـاس مكاني ــ قوس قدره ١٥ درجـــة من دورة الكرة السماوية اليوميـة الظـــاهرة . فكان عطارد ــ لو وُجدوا ــ لهم فكرة عن الزمن تختلف عن فكرتنا اختلافاً تاماً لأن عطارد ، وهو أسرع السيارات وأقربها إلى الشمس ، يدور حول هـذه الأخـيرة في ٨٨ يومـاً من أيامنـا ويدور دورة واحـــدة حول محوره في نفس المدة أيضـــا . وهكذا فالسنة واليوم يتساويان عـلى سطح هـذا السيار !

وتفقد فكرة الزمن الأرضي كل معناها إذا انتقلنا إلى جو الشمس التي تنتسب أوقات السيارات اليها ولا ينتسب وقتها إلى أي سيار . ولا يوجد بيننا وبينها ولا بيننا وبين أي سيار أو أي نجم آخر معقد للصله الآنية . فكلمة « الآن » لا معنى لها إلا على الأرض ، وفي بقعة محدودة من سطحها هي التي تحيط بي . وكل

كوكب له آنه المحدود . فمثلاً رجل في لندن يطلب رجلاً في بيروت . فمع أن الفرق في الزمن بيننا وبين انكلترا ساعتان ، لنا أن نتساهل ونقول انهما يتكلمان « في وقت واحد » لأنهما يعيشان على كوكب واحد وضبطت ساعتاهما تبعاً لنظام فلكي واحد .

وتتعقد فكرة الزمن أكثر من ذلك إذا أردنا معرفة ما يجري في كوكب السّماك الرامح مثلاً . إن هذا الكوكب يبعد عنا ٣٨ سنة ضوئية[1] فإذا أردنا أن نتصل بالسماك الرامح بالراديو « الآن » فستصل رسالتنا بعد ٣٨ سنة . ويجب أن ننتظر ٣٨ سنة أخرى قبل أن يأتينا الجواب . فسرعة أمواج الراديو كسرعة الضوء . فإذا نظرنا إلى السّماك الرامح وقلنا أننا نراه الآن عام ١٩٥٦ فالحق أننا نرى طيفا وخيالاً نقله إلى أعصابنا البصرية شعاع انطلق من مصدره عام ١٩١٨ . فقبل حلول عام ١٩٤٩ وهو موعد وصول جواب رسالتنا لا نستطيع أن نقطع بما إذا كان السّماك الرامح موجوداً « الآن » حقا .

●

على كل هذا فانه يصعب على المرء وقد تأصل بالأرض أن يتقبل الفكرة القائلة بأن هذه اللحظة التي تسميها « الآن » لا تشمل الكون بأسره . ومع هذا فإن آنشتين في عرضه لنظرية النسبية الخاصة لا يني عن إثبات خطل التفكير بامكان وجود حوادث متآنية في عوالم لا رابطة بينها . وأوضح ذلك بالمثال الآتي :

---

(١) السنة الضوئية هي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة . باعتبار أن سرعته هي هي ٣٠٠،٠٠٠ كم ف.ث. فالقمر يبعد عنا ثانية ضوئية تقريباً ، والشمس تبعد عنا حوالي ثماني دقائق وهلم جراً .

وقف شخص في احد ارصفة السكة الحديدية يراقب احد القطارات . فهبت عاصفة هوجاء وابرقت السماء وارعدت.فأصابت شرارتان الخط الحديدي في نقطتين (ا) و (ب) في آن واحد . وهنا يتساءل آنشتين عن معنى هذه الكلمة الاخيرة : في آن واحد . وكلما يصل الى تحديدها على وجه الدقة يفترض أن الشخص المذكور يقف في منتصف الخط (ا ب) تماماً وانه مزود بجهاز من المرايا يمكنه من رؤية (ا) و (ب) في آن واحد من غير أن يحرك عينيه . فاذا وصلت الشرارتان وانعكستا في مراياه في آن واحد بالضبط قلنا ان الشرارتين متآينتان . لنفرض الآن أن قطاراً قد أقبل ، وأن شخصاً آخر يقف في إحدى العربات بحيث يكون وسط القطار تماماً ، وانه مزود أيضاً بجهاز من المرايا يشبه جهاز الشخص الواقف في المحطة . لنفرض أن الشخص المتحرك اتفق وجوده أمام الشخص الواقف في نفس الوقت الذي أصابت الشرارتان النقطتين (ا) و (ب) . والسؤال الذي يخالجنا الآن هو هذا : هل يرى الشخص المتحرك الشرارتين في وقت واحد ؟ كلا . لأنه وهو يتحرك من (ب) الى (ا) لم يعد في منتصف الطريق بين (ا) و (ب) . فهو يبتعد عن (ب) ويقترب من (ا) ولذلك فالشعاعة (ب) لا بد أن تنعكس في مرآته بعد (ا) وبالتالي لا تصل الشعاعتان متآينتين بالنسبة اليه وان وصلتا متآينتين بالنسبة الى الشخص الواقف . وهكذا يختلف تقدير كل منهما لـ « الآن » تبعاً للنظام الذي ينتمي اليه .

●

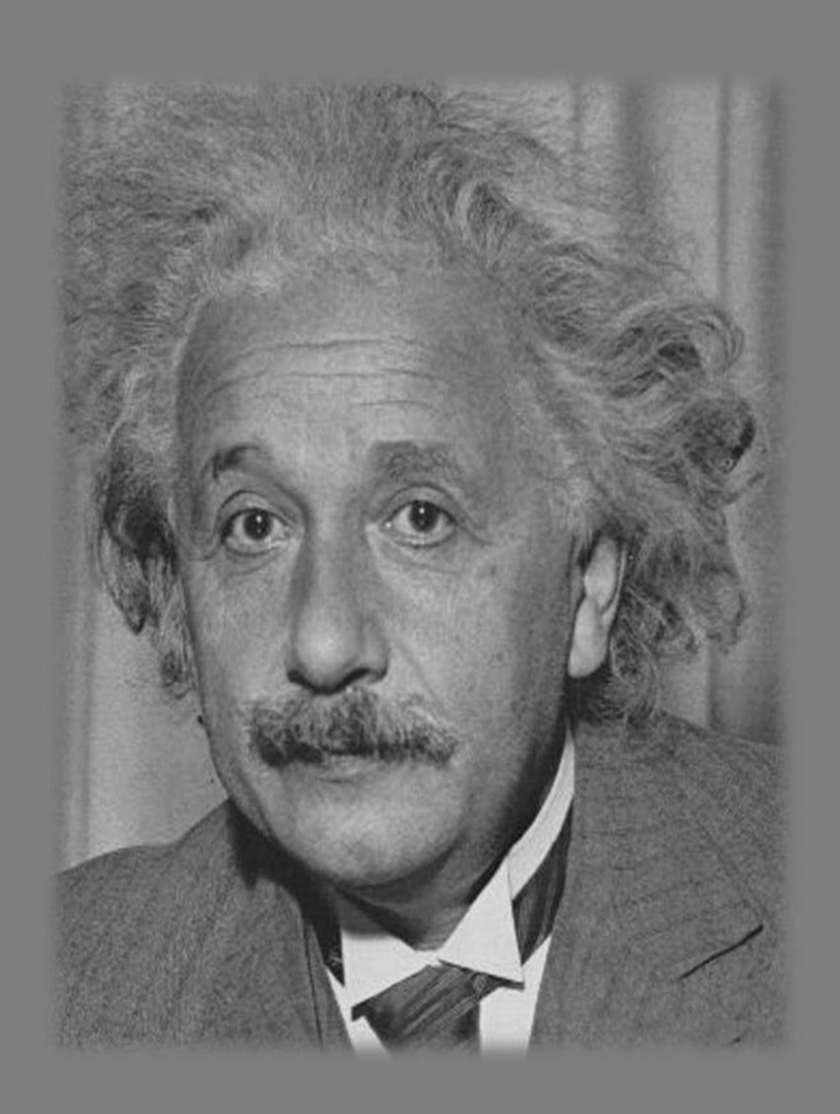
وهكذا فالتآين أمر نسبي . فـ « الآن » ليس له معنى واحد ، بل من المعاني بقدر ما هنالك من العوالم . فكل عالم له زمانه المحلي الخاص به هو وحده ، بل أن أي حادثة لا تنتسب الى عالم خاص بعينه لا معنى لتحديد زمن حدوثها مطلقاً .

فلا زمان الا الزمان المحلي . وكذلك لامكان إلا المكان المحلي . وكلاهما رهن بالسرعة . والسرعة هي بمثابة الكابح المزدوج : تبطىء الزمن وتقلص الاطوال . فكلما كان التسارع أطول ، تقلص الجسم (المكان) وبالتالي ابطأت فيه الحوادث (الزمان) فالمتر الذي ينطلق بسرعة تعادل ٩٠ ٪ من سرعة الضوء يتقلص الى نصفه تقريباً ، واذا انطلق بسرعة اكبر كان تقلصه أشد . واذا بلغت سرعته سرعة الضوء فانه يتقلص حتى لا يبقى منه شيء . وكذلك الساعة تختلف باختلاف العالم الذي تنتمي اليه . فايقاعها في عالم متحرك غيره في عالم ساكن . فهي في الثاني أسرع منها في الاول . واذا انطلقت بسرعة الضوء تتوقف تماماً . ولا علاقة لكل ذلك بالمادة التي يتركب منها المتر والساعة فالمتر المصنوع من الحديد أو الخشب أو الزجاج يتقلص بنفس النسبة . وكذلك الساعة العادية والساعة الرملية والساعة الشمسية ونبض الانسان وسرعة تنفسه – كل اولئك يختلف ايقاعه باختلاف العالم المنسوب اليه . وهذه التغيرات لا يحس بها سكان العالم المتحرك انفسهم ، بل سكان العوالم الاخرى عند مقارنتها بعالمهم هم .

وهكذا فالتقلص الذي قال به فتزجرالد ولورنتز ليس له أي معنى مطلق في نظر آنشتين . فما هو الا النقطة التي يتقاطع فيها الزمان المحلي والمكان المحلي أو هو يمثل طريقة من الطرق التي يحدد بها الناس طرفي المتر وسرعته. وسنفصل ذلك عند الكلام عن الزمكان .

•

عندما اعلن انشتين هذه النتيجة كان رد الفعل قوياً ، واسيء تفسير اقواله اساءة كبيرة . ومن ذلك مقال ظهر في احدى صحف النمسا عنوانه : « الدقيقة في خطر : نبأ هام في العلم الرياضي » ويذكر كاتب المقال ان عالماً فيزيائياً اسمه



آنشتين استطاع ان يثبت بشعوذة رياضية بحتة ان الزمـــان يمكنه في بعض الظروف ان يتمدد وان يتقلص ، اي يمكنه ان يبطيء تارة وان يسرع تارة اخرى . ويضيف ان هذه الفكرة من شأنها ان تقلب نظام علاقتنا بالكون رأساً على عقب . لقد كان الناس قبل آنشتين يغدون ويروحون ، وكان الخلف يعقب السلف في زمان سرمدي لا يحـول ولا يزول . فلما جـــاء انشتين وضع حـــداً لكل ذلك . فمجرى الزمن يمكن أن يتغـير بشعوذة « رياضية » .

لقد بهت الناس لهذا النبأ ولم يفهموا منه شيئا . ووجد فيه المرجفون فرصة سانحة للتشنيع على العلم والغمز من قناته ، ونادوا بافلاسه وهزيمته . وسخط اخرون على النظرية الجديدة لما فيها غير ضرب من الهراء الرياضي . وعلى كل حال فمن المثير حقا ان تقع حادثة من هذا القبيل ، وان يكون جيلنا قد وقع الاختيار عليه ليشهد اركان الكون تتهاوى وتنقض .

●

ويستتبع القول بالزمان المحلي نتائج يصعب على العقل قبولها . اذ إنه لما كان هذا الزمان يتناول جسم الانسان كله فيمكننا ان نستنتج ان الشخص المتحرك حركة بطيئة « يشيخ » قبل الشخص المتحرك حركة سريعة . بل ان الشخص الذي يتحرك بسرعة النور يعيش خارج الزمن ، اي لا يشيخ ابداً . وكيما نوضح ذلك بطريقة محسوسة . ونصور التحول العظيم الذي طرأ على عـــلم الفيزياء نقتبس المثل الآتي من لونجفين فقد تخيل هذا العالم رحالة فلكيا غـادر الارض بسرعة تساوي ١/٢٠٫٠٠٠ من سرعة الضوء وقفز في المستقبل قفزة الى الامام ليرى ما تكون عليه الارض بعد سنتين من سنيه هو . ولما آب راجعـــا الى مستقره على الارض وجد ان السنتين اللتين قضاهما عـــبر الفضاء ذهابا وايابا تعدان قرنين من عمر الارض ووجد الارض آهـلة بسكان جدد وعـادات

جديدة ، ووجد حضارة جديدة لا عهد له بها قبل مُنطلَقه .

ان هذه النظرية تظل من رِسْل الخيال وسادر القريحة اذا لم تؤيدها التجربة . لقد كانت في ذهن آنشتين من قبيل التنبوء الذي طلع به على العالم ، ولكن هذا التنبوء يعوزه الاثبات . فكيف السبيل الى ذلك ؟

لقد اقترح آنشتين طريقة فذة لاختبار فرضه : الذبذبات الالكرونية للذرة . فالذرة تصلح لان تُتخذ ساعة" طبيعية لانها تبعث بامواج كهرطيسية ذات تردد معلوم . فهي بهذه المثابة ذات ايقاع كايقاع الساعة . ويختلف ايقاع الذرات باختلاف عناصرها . ويمكن مقارنة ايقاعات نوع معين من الذرات في حال السكون بايقاعات نفس النوع من الذرات بعد تعريضها لسرعة كبيرة . فاذا كان الايقاعان متشابهين في الحالين كذبت نبوءة آنشتين . واذا كانا مختلفين كانت السرعة هي علة هذا الاختلاف وبالتالي كان للسرعة دخل في الزمن . ويمكن القيام بهذه المقارنة بواسطة جهاز قياس الطيف . فالمعلوم ان كل ايقاع ذري يتميز بلون خاص يكشفه هذا الجهاز ولقد اجريت هذه التجربة عام ١٩٣٦ وقام بها هـ . ايف من مختبرات بل تليفون بمدينة نويورك . فجاءت نتيجتها مصداقاً لنبوءة آنشتين .

•

ثلاث مقولات لا بد منها لوصف ظواهر الكون الفزيائي : الزمان والمكان (او المسافة) والكتلة . وكما تهاوى الزمان والمكان بمعناهما المطلق وقام على انقاضهما المعنى النسبي فلا بد لنا ان نتساءل عن مصير الكتلة وهل ستطيح بها الاقدار كما اطاحت بأخويها – لا سيما وان الكتلة هي معقد الصلة بينهما ومناط تحققهما في الخارج ، ام في الامر استثناء ؟

لا استثناء في الطبيعة ، فالكل فيهـا سواسية . فكما ان الزمـــان والمكان امران نسبيان وهما رهن بالحركة فكذلـك امر الكتلة سواء بسواء .

ان المعنى الشائع للكتلة هو انها شيء مرادف للثقل . لكن العالم الفيزيائي يستعمل هذه الكلمة ليعبر بها عن خاصية اخرى من خواص المادة تختلف عن الثقل اختلافاً كبيراً واشد منها اصالة : الا وهي مقاومة التغير في الحركة . فالقوة اللازمة لتحريك القطار الموسوق بالبضائع اكبر جداً من القوة اللازمـة لتحريك العجلة . فالقطار الموسوق يقاوم الحركة اكثر جداً مما تقاومها العجلة لان كتلته اكبر .

لقد كانت الفزياء التقليدية تذهب الى أن كتلة جسم ما هي خاصية ثابته فيه لا سبيل الى تغييرها . فكتلة القطار الموسوق بالبضائع تظل هي هي لا تتغير ولا تتبدل سواء كان القطار ساكناً ام متحركاً ، وسواء تحـــرك بسرعة ٧٠ كم في الساعة او انطلق في الفضاء بسرعة ٦٠,٠٠٠ كم ف.ث.

ومع هذا فنظرية النسبية تؤكد ان كتلة جسم متحرك ليست ثابتة سرمدية ولكنها تزيد بزيادة السرعة . ولم يكن في وسع الفزياء القديمة اكتشاف هـــذه الحقيقة لان حواس الانسان وادوات القياس العادية لا تصلح ابـداً لاستنابة الفروق الطفيفة جداً التي تطرأ على الكتلة المتسارعة سرعة ارضيه ليست شيئاً بالنسبة الى سرعة النور . فهذه الفروق لا يمكن الوقوف عليها بدقة الا عندما يقحم بالجسم في سرعة قريبة من سرعة النور . [1]

---

(١) لا بأس من ان نشير عابرين الى ان هذه الظاهرة لا تتعارض في شيء مع ظاهرة تقلص الاجسام في اتجاه حركتها . فقد يتساءل الانسان : كيف يصغر الجسم ويزيد وزنه في نفس الوقت ؟ ونجيب على ذلك ان التقلص لا يكون الا في اتجاه الحركة دون الاتجاهات الاخرى . وفوق هذا ان كتلة الجسم ليست زنته او ثقله ، وانما هي مقاومته للحركة ، وهذه المقاومة تزيد بزيادة السرعة .

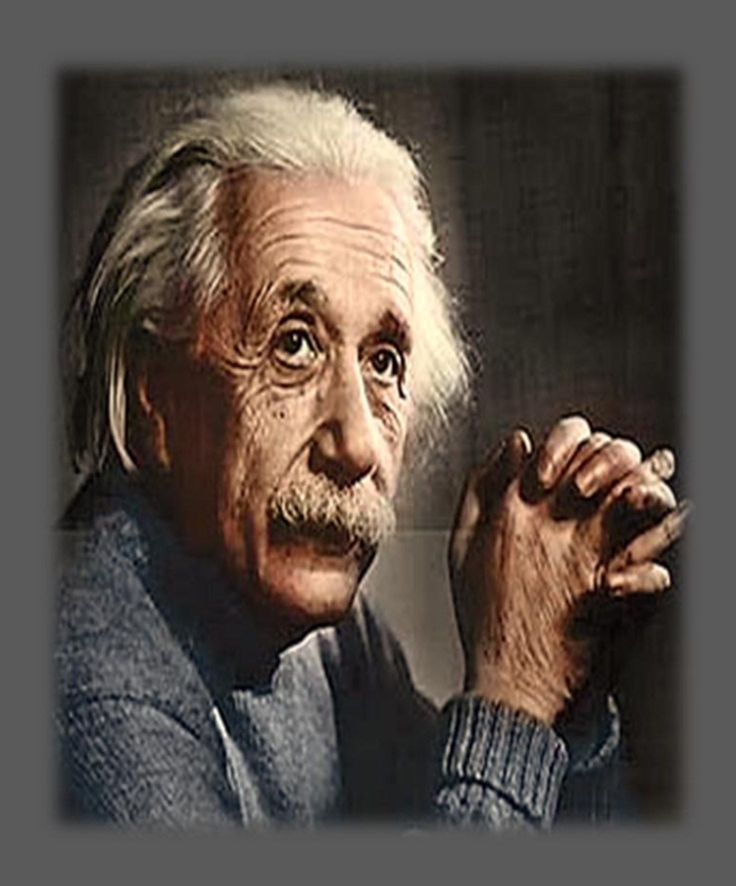
ان قانون زيادة الكتلة بزيادة السرعة هذا هو من اكثر القوانين التي كشفها آنشتين قابليـة التجربة والتمحيص ومن اشدهـا خصباً . فالكهارب (الالكترونات) التي تتحرك في مجال كهربائي قوي ، ودقائق بيتا المنطلقة من نوايا الاجسام المشعة تبلغ سرعتها ٩٠٪ من سرعة الضوء . وقد اجرى علماء الفيزياء الذرية التجارب على هذه الجسيمات فوجدوا ان كتلتها تزيد بالنسبة التي تنبأ بها آنشتين في معادلاته .

●

واوغل آنشتين في استنتاجاته الخاصة بنسبية الكتلة واستخراج منها كل ممكناتها ، فوصل الى نتيجة لا تقدر قيمتها . قـال : لما كانت كتلة الجسم المتحرك تزيد بزيادة حركته ، ولما كانت الحركة صورة من صور الطاقة (طاقة حركية) ، فالكتلة المتزايدة للجسم المتحرك هي اذن طاقتـه المتزايدة . وبكلمة واحدة : الطاقة هي كتلة . وبعـد البحث والتمحيص انتهى الى ان الكتلة ك = ط/ث² أي ان الكتلة تساوي الطاقة مقسومة على مربـع سرعة الضوء . واذ قد حددت هذه العلاقة فبوسع كل تلميذ مبتدىء في علم الجبر ان يقلبها الى المعادلة التاريخية التالية : ط = ك ث² .

لقد اضطلعت هذه المعادلة باكبر نصيب في تحقيق القنبلة الذرية واخراجها الى حيز الوجود . ومعناها في لغة الفيزياء ان الطاقة المحتواة في جزء من المـادة تساوي كتلة هذا الجسم مضروبة بمربع سرعة الضوء . واذا اردنا التعبير عـن هذه العلاقة بلغة مفهومة نقـول ان كيلو الفحم لو استحال الى طاقة خالصة لاعطى ما مقـداره ٢٥ تريليون كيلوات ساعة من الكهرباء ، اي مقـدار ما تعطيه مصانع الولايات المتحدة الامريكية من الكهرباء شهرين بدون توقف .

●



وتقدم لنا هـــذه المعادلة ايضاً ط = ك ث^{2} حلاً لكثير من اسرار الفيزياء النووية وتكشف لنا حقائق اساسية عن الوجود الفزيائي ، فقبل نظرية النسبية كان العلماء يعتبرون الكون وعاءً فيه عنصران متميزان : المادة والطاقة ؛ العنصر الاول ساكن ويمكن مسُّه ، ومن اكبر خصائصه ان له كتلة ، والعنصر الآخر عنصر فعال ناشط غير مرئي ولا كتلة له . فجاء آنشتين واعلن ان الكتلة والطاقة متعادلتان . وما الكتلة الا طاقة مركزة . وبعبارة اخرى ان المادة متكونة من الطاقة ، والطاقة متكونة من المادة ، وكل منهما حالة عارضة موقوتة بظروف معينة .

وتشرح لنا هذه المعادلة اخيراً كيف تشع الشمس والنجوم والحرارة والضوء مليارات من السنين .

ان مصادر الطاقة العادية التي على سطح الارض لا تكفي مطلقاً لامـــداد الشمس بالحرارة والنور . فلو ان الشمس كانت مثلا تتألف من الاوكسجين والفحم الممتاز لتحول الفحم الى رماد في العين او ثلاثـة آلاف من السنين على الاكثر ، مع ان عمر الشمس يعد ببضعة مليارات من السنين . وكذلك اشعاع اليورانيوم الذي يحدث في الصخور لا يكفي لتزويد الشمس بالطاقة مطلقاً . واذن فلا بد من البحث عن مصدر آخر للطاقة . ففريق من العلماء كانوا يظنون ان الشمس محتوية على مادة اشعاعية عظيمة غـــير معهودة على سطح الارض . وفريق اخر كانوا يظنون ان المـادة تفنى في باطن الشمس بتأثير الحـرارة المرتفعة التي تتأرجح فيها . ولقد كان هذا الرأي هـــو السائد في الاوساط العلمية الى قبيـل اختراع القنبلة الايدوجنية . فهناك عمليتان لانتـاج الطاقة :

الاولى تفكيك نواة ذرات العناصر الثقيلة في اعلى جـــدول مندليف

كاليورانيوم ، وهذا ما تحقق في القنبلة الذرية .

والعملية الثانية اقوى كثيراً جداً من الاولى . فاذا ما اندمجت اربع ذرات ايدروجين بتأثير الضغط الشديد والحرارة المرتفعة نتج عن ذلك ذرة هليوم وانطلقت طاقة كبيرة جداً ، ذلك بان ذرة الهليوم ليست اربع ذرات ايدروجين بتأثير الضغط الشديد والحرارة المرتفعة نتج عن ذلك ذرة هليوم وانطلقت طاقة كبيرة جداً ، ذلك بان ذرة الهليوم ليست اربع ذات ايدروجين بالضبط ، بل اقل من ذلك بعض الشيء . فهذا الفرق يتحول الى طاقة كبيرة يمكن استخدامها لتكون ناراً او نوراً ، وصرفها في اغراض السلم او الحرب ، في الهدم او البناء . كمثل النار ، فهي سلاح ذو حدين يمكن ان يحرق بها كما يمكن ان يشفى بها .

وكذلك الحال في الشمس . فان ٣٥ ٪ من كتلتها تتألف من الآيدروجين . واما سائر النجوم فان رصيدها من الايدوجين يختلف باختلاف اعمارها . فبعضها قد استنفذ كل مخزونه منه وبعضها لا يزال في شرخ الشباب كشمسنا . فالنجوم اذن مصانع لتركيب الهليوم من الايدوجين .

●

وعلى ضوء ما تقدم وضع العلماء ايديهم على كثير من احاجي الطبيعة . فالازدواج بين المادة والاشعاع ، بين الجسيمات والموجات ، قد اصبح فهمه اقل عسراً من ذي قبل . والازدواج في طبيعة الكهرب الذي يظهر على صورة مادة احياناً وعلى صورة كهرباء احياناً اخرى ، والالكترون الموجي والفوتون ، وامواج المادة وامواج الاحتمال ، وعالم جسيمي ... كل اولئك اصبح اقل غرابة . ذلك بان جميع هذه التصورات تعبر عن شيء واحد بلغات مختلفة ، عن مظاهر متعددة لحقيقة بعينها ، ولم يعد هناك من معنى لان نتساءل عما

عسى ان يكون كل واحد منها « حقيقة ». فالمادة والطاقة يستحيل احدهما إلى الآخر . فإذا تعرّت المادة عن كتلتها وسارت بسرعة الضوء نسميها إشعاعاً وعلى العكس إذا بردت الطاقة وتخثرت وأمكننا قياس كتلتها سميناها مادة . لقد كان كل ذلك إلى عهد قريب من قبيـــل التكهنات . ولكن أصبح حقيقة ملموسة منذ يوم ١٦ تموز (يوليو) سنة ١٩٤٥ عندما حول الإنسان المـادة إلى طاقة . ففي ذلك اليوم وبِقِطعْ من الليـــل ، استطاع الإنسان لأول مرة في الأموغوردو (المكسيك الجديدة) أن يحول كمية من المادة إلى ذلك المركب من الضوء والحرارة والصوت والحركة مما نسميه طاقة .

●

ومع هذا فإن السر الأكبر لا يزال قائماً . فإذا كان العلم قد رد المادة إلى عدد من العناصر ، والعنـــاصر إلى عدد من الجسيمات ، والقوى إلى فكرة الطاقة ، والمادة والطاقة إلى فكرة أساسية واحـــدة ، فكل هذا لا يزال يبعدنا عن المجهول . وقد استحالت أمهاتُ الأسئلة وانصهرت في سؤال واحـد لا جواب عليه : ما ماهية هذه المادة الأساسية التي تتصور مـــادة أحياناً وطاقة أحياناً أخرى ؟ وما هو جوهر الحقيقة النهائية ؟

●

إن قوانين آنشتين الخاصة بالحركة والمبادىء العامة في نسبية المكان والزمان والكتلة والنتائج المستخرجة منها – كل أولئك يمثل ما يطلمه عليـــه « نظرية النسبية الخاصة » . وقد توسع آنشتين طوال السنوات العشر التي أعقبت ظهور هذه النظرية الجبارة في مذهبه العلمي والفلسفي فطلع على العـــالم بـ « نظرية النسبية العامة » التي درس بها تلك القوة الخفية التي تقود حركة النجوم والمذنبات

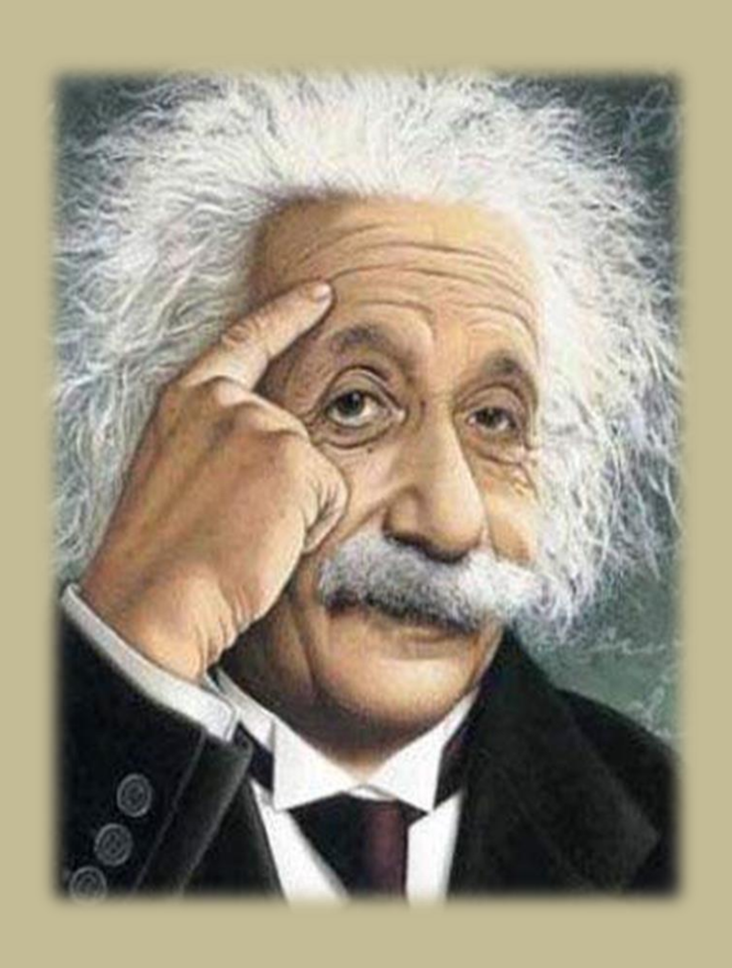
والشهب والمجرات وكل جسم متحرك في الفراغ الوسيع الذي لا تفك طلاسمه . لقد أطلق نيوتن على هذه القوة اسم « الجاذبية الكونية » فأتى آنشتين بنظرية عامة شاملة فيهندسة الكون تستوعبه كله من أقصاه إلى أقصاه وتفسر ديناميكيته وتماسك الأجزاء فيه وتضفي عليه معنى جديداً .

●

ترجع هذه النظرية في جذورهـــا الأولى إلى هندسة ريمان ، وهي هندسة المنحنيات ، ولا تقل ترابطاً وانسجاماً عن هندسة أقليدس . وقد تقـدم أيضاً أن من يقرأ كتب بوانكاريه يشعر أنه على أبواب هذه النظرية . وكذلك ترجع هذه النظرية إلى مينكوفسكي أستاذ آنشتين .

قال مينكوفسكي بنفسه عام ١٩٠٨ : إننا نعين موقع نقطة على سطح بخطين اثنين (س) و (ش) يُسميان إحداثيين ، إن العالم لا يتألف من نقطة ساكنة . والحدود التي يُعيّن موقع الأشياء بالنسبة اليهـــا ساكنة أيضاً . ولكن كيف العمل إذا أردنا تعيين موقع السيارات التي تتحرك ضمنهـا ؟ أنه لا يكفي أن نقول أن السيارات توجد في موقع كذا من المحطة كذا بل يجب أن نذكر أيضاً ساعة كذا . ولتعيين موقع سفينة في عرض البحر لا نقول أنها توجد في النقطة التي يتقاطع فيها خط عرض كذا مع خط طول كذا ، بل يجب أن تذكر أيضاً اليوم والساعة والدقيقة . ولتعيين موقع طائرة في الجو يجب أن نضيف إلى ذلك احداثي العلو . وبعبارة أخرى ، إنه لتعيين موقع حادثة تجري في الكون فلا يجوز الاكتفاء باحداثياتها المكانية الثلاث (طول وعرض وعمق) بل لا بد من مراعاة احداثي الزمن . وهكذا نرى أن أربعة احداثيات لا بد منهـــا لتعيين موقع أي جسم متحرك .

هذا وليست إضافة احداثي الزمن إلى احداثيات المكان الثلاث من قبيل



التمحل الرياضي ، وإلا لما وقفنا عند هذه الاحداثيات وحدهـا . إذ التمحل الرياضي يتطلب إحداثيات أخرى كالضغط الجوي وعمر القمر وغيرهما . لا ، لا . هكذا يصرخ مينكوفسكي بأعلى شدقيه ويضيف قائلاً : يجب أن نعلم أن المكان (أو الفضاء ، وسنستعملها هنا بمعنى واحد تقريباً) الخالص لا وجود له ، والزمان ، يا أسفي ! يجري ، أردنا أم لم نرد . فالعالم إنما هو نظام لا يفتر ، وحركة دائمة لا ينضب معينها ، فالحيـاة معناها في الوقت نفسه تغيير الموقع والشيخوخة .

إن ذلك لعمري حقيقة مرة يجب أن نطأطىء الرأس لهـا . حقيقة شك فيها أفلاطون واكتشفها مينوفسكي وتوسع فيها آنشتين وويل معاً . ولنا أن نختار بين القول أن الحياة نسيج من الحوادث تتتابع على نول الزمن ، أو بأن هذه الحوادث جامدة في الزمكان (الزمان — المكان) وإننا نحن الذين نمر عليها . ومعنى هذا أنه يجب أن ننسخ من أذهاننا فكرة الزمـان والمكان كعنصرين منفصلين ، وألا نعترف إلا بشيج من العنصرين متداخلين معاً تداخلا لا انفصام فيه وهو = المتصل الزمكاني الذي ينساب عليه وجودنا . قال مينكوفسكي : « فمنذ هذه اللحظة يجب أن يتوارى في الظل الزمان والمكان كأقنومين متميزين ولا يبقى في أعقابها غير نحو من المشيج المركب منهما معاً له وحـده أن يتصف بالحقيقة » .

فهذا الزمكان ، هذا الكون المربع الأبعاد ، تلقاه آنشتين من أستاذه القديم ليخرج لنا منه نظريته في النسبية العامة .

●

ومن الطريف أن نذكر في هذه المناسبة أن منيكوفسكي ليس أول من قـال بأن الزمان بعد رابع للأشياء . فهناك مفكرون قبله قد حدسوا في هـذا المعنى

على تفاوت في وضوح حدسهم . فهذا ديدرو يقول عام ١٧٧٧ مثلاً في «الموسوعة» تحت كلمة « بعد » : « ... لقد قلت آنفاً أنه لا سبيل إلى تصور أكثر من ثلاثة أبعاد . ومع هذا فإن مفكراً مثلي يعتقد أن من الممكن اعتبار المدة بعداً رابعاً وأن حاصل الزمان بالصلابة ينتج عنه على نحو ما شيء ذو أربعة أبعـــاد . إن هذه الفكرة يمكن المماراة فيها ، إلا أن لها على ما يبدو لي بعض الفائدة ، حتى ولو لم يكن ذلك غير جدتها » .

●

إن تمثل هذا الكون ذي الأربعة أبعاد لا يتطلب جهداً عقلياً فوق الطاقة البشرية . وفي هذا يقول آنشتين : « إن الرجـل غير الرياضي يشعر بقشعريرة غريبة عندما يسمع باشياء ذات أربعة أبعاد . هنالك يغمره شعور لا يختلف كثيراً عن شعوره تجاه الأمور الغيبية . ومع هذا فليس ثمة حقيقة أبسط من القول بأننا نعيش في متصل زمكاني ذي أربعة أبعاد » .

نعم اننا لا ندري أين نُؤوي البعد الجديد ونحن نرسمه على الورقـة إذا كان غير الطول والعرض والعمق . فنحن نستطيع تعيين أقطاب الاحداثيات الثلاثة فنقول أنها في « س ش ص » وأما القطب الإضافي للاحداثي « ز » فنقول أنه في . . . في . . ثم نجمد لا نحير جواباً . ومن هنـــا يبدو لنا أن من الصعب تصوره . فالجوهري في الأمر ليس في أن نعلم أين نرسمه ، وإنما في أن نعلم جيداً أن نقطة ما ، أن حادثة ما من حوادث العالم تكون مضبوطة كل الضبط عندما تُعرف احداثياتها الأربعة (س ش ص ز) .

●

أجل ان المتصل الزمكاني ليس محض بناء رياضي . فالعالم بأسره هو متصل

زمكاني ، وكل حقيقة توجد في الزمان وفي المكان معاً ، ولا يمكن فصل احدهما عن الآخر . إن جميع المقاييس الزمانية ، هي في الحقيقة مقاييس مكانية ، وكل مقياس مكاني يتوقف على المقاييس الزمانيـــة ، فالثواني والدقائق والساعات والأيام والأسابيع والشهور والفصول والسنون إنما هي مقاييس لموقع الأرض في الفضاء بالنسبة الى الشمس والقمر والنجوم . وكذلك خطوط الطول والعرض التي يعين الانسان بها مكانه على سطح الارض تقاس بالدقائق والثواني ، ولا بد لتحديدها بالضبط من معرفـة اليوم والساعة من السنة . او ليس وقت الزوال زاوية شمسية ؟

ويتضح هذا المعنى وضوحاً كافياً اذا قلنا مع لينكولين برنت انـــه لا مندوحة لعلماء الفلك من اعتبار الكون متصلاً زمكانياً . فعندما يسدد أحـد الفلكيين مرقبه في اعماق الفضاء فهو لا ينطلق في المكان فحسب ، بل هو يرجع في الزمان ايضاً . فحساسة اجهزتـــه الفوتوغرافية يمكنها ان تكشف له عن بصيص الضوء المنبعث عن عوالم تبعد عنا ٥٠٠ مليون سنة ضوئية . ان هـذه الخيوط القديمة المتهالكة من الضوء التي يستقبلها جهازه قد بدأت رحلتهـا قبل ظهور الفقريات على سطح الارض . واكثر من ذلك يظهر له مطيافه ان هـــذه العوالم تتباعد عن مجرتنـــا بسرعة خيالية تبلغ ١٧٠ كم في الثانية ، وبعبارة ادق كانت تتباعد عنـا منذ ٥٠٠ لمليون سنة . ليت شعري ! اين هذه العوالم الآن ؟ هل لا تزال موجودة الآن ؟ لا احد يمكنه ان يجيب على ذلك .

●

لئن كان تصور المتصل الزمكاني امراً في غاية المشقة فذلك لا ينهض دليلا على بطلانه . فالموجات الهرتزية ظلت زمناً طويلاً يصعب تصورهـا ، وحتى

اليوم لا يمكن الاحساس بها احساساً مباشراً . فهل قلل ذلك من وجودها ؟ ان الثلاثي الابعاد نفسه يصعب تخيله . فلولا تنقل عضلاتنا لما ادركناه . ان الشخص المشلول الاعور ، اي الذي فقد الاحساس بالبروز ، وهو احساس تمكّن منه الروية بالعينين معاً – وهذه الرؤية هي في الحقيقة امرها تحسس عضلي – يري بعينه الواحدة الساكنة الاشياء على واحد كأنها مرسومة رسماً . فالمكان الثلاثي الابعاد لا سبيل له الى تصوره .

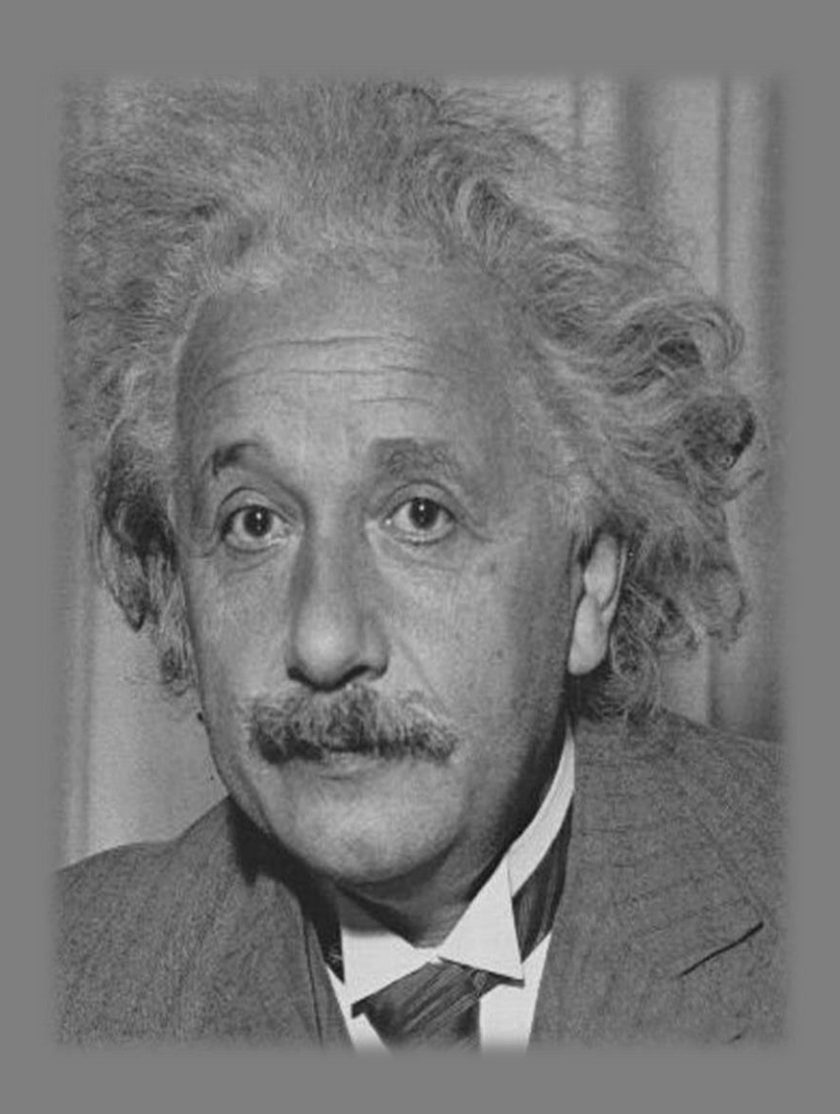
ومع هذا فيمكن للبعض تمثل الزمكان الرباعي الابعاد كما يقول نوردمان فالاشكال التي تتعاقب على الزهرة في مختلف مراحل نموها ، منذ كانت برعماً ضعيف القوام اخضر اللون حتى تتساقط اوراقها وتذبل ، وكذلك سائر الاطوار التي مرت بها – كل اولئك يقدم لنا صورة مجملة عن الزهرة في الزمكان .

ويمكن لكبار لاعبي الشطرنج ان يستوعبوا كل ذلك بنظرة واحدة . فلاعب الشطرنج انما يلعب جيداً لانه يستوعب ببصيرته بالمجموع الزماني والمكاني للنتائج المترتبة عن كل زحزحة يزحزح بها حجراً من احجاره . فهو يرى السلسلة الكلية بنظرة واحدة ويتمين نجاحه بجودة رؤيته .

ان لغة الكلام لا تصح ابداً لان تجول في هذه الامور . فالموضوع الذي تخوض فيه فوق متناولها ، ولا يمكن للكلمات المشحونة بالصور الحسية ان تعبر عما يعنو على الحس ويسمو الى التجريد . وهل بستطاع اللغة ان تترجم لنا احدى سمفونيات بيتهوفن .

●

وهذا لا ينحل الزمكان الى زمان ومكان مطلقين : فظواهر الاشياء



تختلف باختلاف العالم الذي ينظر منه اليها ، كما ان اي مشهد من مشاهد الطبيعة يختلف باختلاف الموقع الذي يطل عليه . ان السرعة تتحكم في الزاوية وكلما قلت اتسعت . فالزمان والمكان . فكلما زادت السرعة ضاقت الزاوية وكلما قلت اتسعت . فالزمـــان والمكان اذن اشبه بالمنظورات التي يختلف شكلها باختلاف الموضع الذي ترى منه . فكل شخص ، وفي كل لحظة من زمانه الخاص به ، يقتطع لنفسه ، على نحو ما ، قطعة من الكون ويقسمها الى زمان ومكان ، ثم يقيس زمانه هو ومكانه هو . وهذا الاقتطاع لا يجري على نمط واحد بالنسبة الى شخصين ينتميان الى عالمين تختلف سرعة احدهما عن الآخر . وللانتقال من مقاييس احد العالمين الى العالم الآخر لا بد من استخدام المعادلات المعروفة باسم « تحويلة لورنتز » التي المعنا الى طرف منها .

ان الطبيعة تجهل كل شيء عن زمان ومكان نظن انهما من خصائصها وانهما ينتسبان اليها بمعنى مطلق . فهما من خصائصنا نحن وينتسبان الينا ، وليس لهما اي معنى خارج عما نحس او نقيس ، لان كلا منا يشق طريقه في متصل رباعي الابعاد ويصطنع كونه وينحت زَمانه ومكانه على نحوه الخاص به . ومن اخص خصائص هذه العملية المصطنعة ان سؤال ميكلسون ومورلي لا جواب عليه ، لانه سؤال لا معنى له بالنسبة الى الطبيعة . وما البلبلة التي نشأت عن هـــذه التجربة الا من سقم افكارنا المتعلقة بالزمان والمكان . فاذرع جهاز ميكلسون ومورلي قد تغير طولها بتغير اتجاهها . ويمثل التقلص النسبي الحاصل الاختلاف في معالجة اطوال الاشياء . فحيث لا تآن وبالتالي حيث تختلف الازمنة المحلية، يختلف تقدير الاطوال .

●

ان الزمـــان والمكان بدلا من ان يكشفا لنا الحقيقة — اذا ثمة حقيقة —

يسدلان عليها في نظر آنشتين الحجب والستائر التي نسجت بايدينا . وانه لشيء غريب حقاً الا تستطيع تصور الكون عارياً عن الزمان والمكان ، كما لا تستطيع رؤية بعض الجراسيم بالمجهر من غير ان نصبغها . فالاشياء في ذاتها لا شكل لها ولا طعم ، ولا لون ولا حجم ، ولا طول ولا عرض ، ولا نظام يسود فيها ولا اختلال يتهددها . فما هذه إلاّ معان يضفيها الانسان على زمكان مجهول لا يدري من امره شيئاً ليؤصل حقيقته ويؤكد وجوده ويفرض ذاته على ما هو من صنع يده واختراع وهمه ليحيله ادوات له .

واذا اردنا ان نصور ذلك تصويراً حسياً قريباً الى الافهام فاننا نشبه الزمان والمكان بمرآتين احداهما محدبة والاخرى مقعرة ، ويشتد انحناء كل منهما كلما زادت السرعة . ان كلا من هاتين المرآتين تعكس على خدتها صور الاشياء عكساً مشوهاً خاصاً بها . ولكن اذا أحكم أدغام المرآتين احداهما في الاخرى بحيث تعكس الاولى الاشعاعات التي تستقبلها الثانية ، خرج من ذلك صورة حقيقية لا تشويه فيها . فالامكنة الجزئية والازمنة المحلية هي في مثلنا هذا بمثابة صور الاشياء المشوهة . واما الزمكان فهو الصورة الحقيقية التي لا تشويه فيها .

•

من المعلوم ان عمدة ميكانيكا نيوتن هو مبدأ القصور الذاتي ومؤداه ان اي جسم يظل ساكناً او يتابع حركة مطردة مستقيمة ما لم تؤثر فيه قوى خارجية تحيد به عن هذه الحال . فالقصور هو الذي يخلق فينا ذلك الاحساس الغريب الذي نستشعره حينما تقف السياره فجأة او تغير اتجاهها فجأة . فجسمنا يميل بطبعه الى الاحتفاظ بحركته المطردة المستقيمة . لكن اذا طرأ عليه ما من شأنه ان يعكر عليه صفو هذه الحركة فسرعان ما يهب لمقاومته ، فنحس بذلك الشعور الغريب .

ولقد اثبت هذ المبدأ غاليليو (١٥٦٤ – ١٦٤٢) اولا عندما دفع بكرات على سطوح يتفاوت انحناؤها . فمثلا اذا دفعنا بكرة على سطح افقي مصقول صقلا تاماً فانها تنزلق عليه في اتجاه واحد ، واكاد اقول بسرعة واحدة ، لولا ان مقاومة الهواء لها واحتكاكها بالسطح يتدخلان في انزلاقها فيضطرانها الى الوقوف في نهاية الامر . ولو استطعنا ان نمنع هاتين المقاومين ، اذن لما تزحزحت الكرة عن سيرها ولظلت منطلقة الى الابد في اتجاه واحد وبسرعة واحدة . وجاءت تجارب اخرى مؤيدة لهذا المبدأ ، ولكنه على كل حال لم يثبت ثبوتاً قطعياً ، لان من المستحيل عملياً عزل الجسم عن كل تأثير خارجي .

ثم جاء منوتن فلم يكتف بتحقيق هذا المبدأ على اسس ارضية بل اراد تحقيقه في عالم النجوم ؛ فقال : اننا اذا صرفنا النظر عن التأثير الجاذبي لسائر الاجرام السماوية وعلى قدر ما في وسعنا ان نحكم على هذا الامر ، فانه يبدو لنا ان السيارات تحتفظ باتجاهها وسرعتها بالنسبة الى قبة السماء . لكن آنشتين يعترض على الجملة التي تحتها خط ويرى انها مصادرة على المطلوب اي هو يسلم بما يراد اثباته . فهو يفترض ان السيارات لا تجري حرة طليقة من كل قيد ، وانها مقهورة في حركتها بقوة يسميها نيوتن الجاذبية الكونية . فعلى رغم كون مبدأ القصور الذاتي مبدأ تقريباً فان نيوتن يعتبره مبدأ قطعياً . ولذلك فانه عندما لاحظ ان السيارات لا تسير في خط مستقيم بل تدور دورانا ، استنتج (وهذه هي مصا دراته على المطلوب) انها تخضع لقوة مركزية هي الجاذبية افترضها فرضا وابتسرها ابتساراً كما افترض من قبل الزمان المطلق وابتسر المكان المطلق . ولكن لا يأس ، فلكل جواد كبوة ، ولكل عظيم هفوة !

●

وفي الطبيعة ظاهرة فريدة في نوعها اكتشفها غاليليو : اذا القينا اجساماً مختلفة من محل مرتفع فإنها تسقط على الأرض بسرعة واحدة مهما تكن طبيعتها، على أن يجري ذلك في وعاء أفرغ من الهواء . فالحديد والقطن يصلان إلى الأرض في وقت واحد معاً ، وما وصولها متأخرين في الأحوال العادية إلا من جراء مقاومة الهواء لها . وتبدو هذه الظاهرة خروجاً على قانون القصور الذاتي . فإذا كان هذا القانون صحيحاً فما بال جميع الأجسام تنتقل عمودياً « أي تسقط» بسرعة واحدة ، بغض النظر عن أحجامها وكتلها ، بينما الأجسام التي تدفع أفقياً تنتقل بسرعات تختلف باختلاف كتلتها ، كأن عامل القصور لا يؤثر إلا في الاتجاه الأفقي ؟

هنالك انبرى نيوتن لحل هذا اللغز فقرر في قانونه المشهور أن القوة الخفية التي يجذب بها جسم جسماً آخر تكبر بنسبة حاصل كتلتيهما وبنسبة مربع المسافة بينهما . فإذا كان الجسم كبيراً أو المسافة قصيرة اشتد التجاذب . أما إذا كان صغيراً والمسافة طويلة كان قصوره أو ميله لمقاومة الحركة صغيراً وكانت سيطرة الجذب عليه ضئيلة أيضاً . وبعبارة أخرى ، بين الجاذبية والقصور الذاتي أمر مشترك هو انهما يشملان كل شيء . فجميع الأجسام مهما تكن طبيعتها الفزيائية والكيماوية هي في نفس الوقت « قاصرة » « عاجزة عن تحريك ذاتها بمحض ذاتها وعن تغيير سرعتها ، أي تقاوم كل قوة من شأنها زحزحتها عن حالها » و « وازنة » « أي تسقط على الأرض عندما لا يعوقها عائق » فالرقم الذي يحدد القصور الذاتي لجسم ما هو نفسه الذي يحدد وزنه وثقله . وهذا الرقم هو الكتله . فالكتلة القاصرة والكتلة الوازنة « الثقيلة » للأجسام يعبر عنهما برقم واحد بالضبط .

فهناك إذن صلة بين الجاذبة والقصور الذاتي . ويبدو أن درجتها تكون دائماً على حسب ما هو ضروري للتغلب على قصور الجسم مهما تكن طبيعته .

ولذلك فجميع الأجسام تسقط على الأرض بسرعة واحدة بغض النظر عن طبقتها .

فهذا التوافق الشديد بين التجاذب والقصور الذاتي تقبله نيوتن كما هو من غير أن يفهمه أو أن يحاول تفسيره ، وظل أمره مجهولاً حتى أوائل هذا القرن . فلما جاء آنشتين وجد في الأمر سراً . فهو أكثر من أن يكون محض صدفة أو اتفاق عارض . لقد استنتج من هذا التلازم استنتاجاً قفز بنظريته إلى مرتبة النظريات الخالدة وجعله في طليعة العظماء الذين يشح بهم التاريخ . قال إن الصفة الواحدة تتجلى تبعاً للظروف والأحوال تارة على هيئة جاذبية . فالجاذبية هي انتفاضة القصور الذاتي . وبعبارة أخرى أن قوانين الجاذبية إنما تعبر عن قصور المادة . وسيتضح ذلك فيما بعد .

لقد نبذ آنشتين فكرة الجاذبية من حيث هي قوة تنتقل لحظياً عبر المسافات الهائلة . إن القول بأن الأرض يمكنها أن تنتفض في المكان « الفضاء » وأن تجذب اليها جسماً ما بقوة تعادل مقاومة قصور هذا الجسم — أقول أن هذا القول بدا لعلاّمتنا الأكبر أمراً لا يمكن قبوله . وهكذا طلع علينا من هذا الاعتراض بنظرية جديدة في الجاذبية أثبتت التجربة أنها تقدم لنا صورة عن الطبيعة أدق كثيراً من نظرية نيوتن .

•

وقبل أن نوغل في هذا المعنى لنا ملاحظة عابرة على قانون نيوتن كما رأينا أن الأجسام تتجاذب تجاذباً مباشراً بنسبة حاصل كتلتي الجسمين وتجاذباً غير مباشر بنسبة ربع المسافة بينهما .

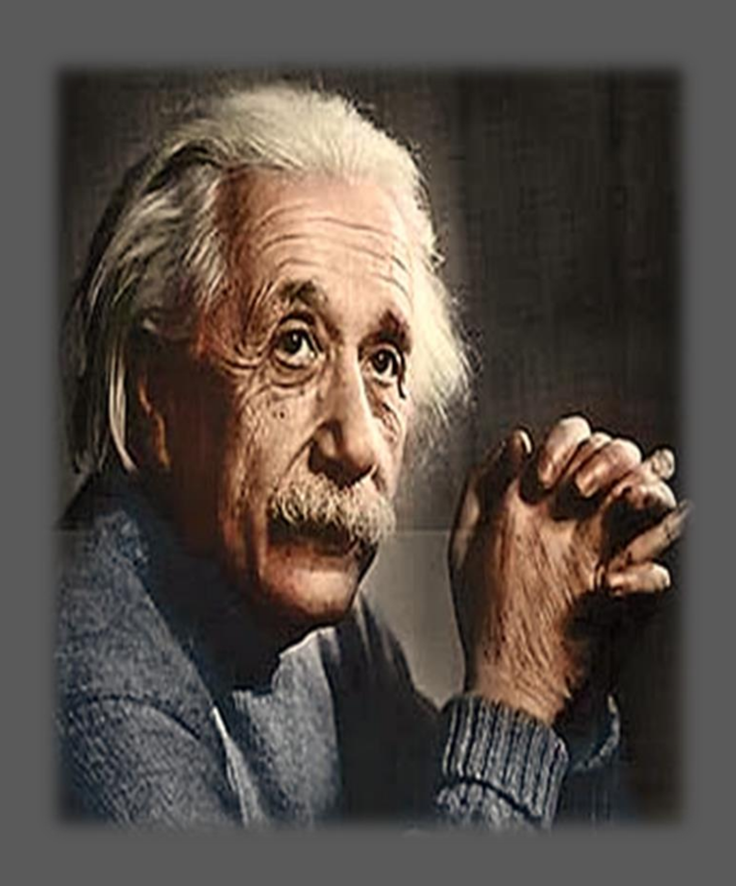
لقد لقي هذا القانون نجاحاً هائلاً وظل يتمتع بمنزلة عظيمة طوال قرنين من

الزمن تقريباً . وهو لا غبار عليه إذا نظر اليه في نطاق السرعات العـــادية . ولكن يجب أن نتحفظ في أمره عند تطبيقه على السرعات الكبيرة التي تقرب من سرعة الضوء . فلقد رأينا أن الكتلة ليست شيئاً ثابتاً ، بل هي تتغير بتغير السرعة . هذا من جهة . ومن جهة أخرى عندمـــا ُندخل الأرض في حسابنا فأي أرض نعني ؟ هـــل نعني كتلة الأرض الصغيرة فيما لو كانت لا تدور حول الشمس أم كتلتها الكبيرة التي تتأتى من دوراتها حولها ؟ ثم إن هذا الدوران ليس له سرعة واحدة دائماً ، لأنها تجري في خط اهليلجي « بيضوي » وليس في خط دائري بالضبط . فأي كتلة ُندخل في الحساب ؟ هل ندخل كتلتها عندما تكون في الحضيض أي في أقرب نقطة إلى الشمس ، وبالتالي عندما تزيد سرعتها أم عندما تكون في القمة ، أي في أبعد نقطة عنها ، وبالتالي عندمـــا تبطؤ سرعتها ؟ وفوق ذلك أي مسافة ُندخل في اعتبارنا بين الشمس والأرض ؟ هل المسافة التي تتراءى لشخص على سطح الأرض تجره معها ويشارك في حركتها أم التي تتراءى لشخص في وسط المجرة لا يشـارك في حركة الأرض ، فهنا أيضاً يختلف تقدير المسافة تبعـــاً لسرعة العالم الذي ينتسب اليه هذا الشخص ؟

أنا لا أنكر أن هذه الفروق طفيفة ، ولكن ذلك لا يبرر إغفالها فقانون نيوتن قانون غامض مطاط ولا بد من تعديله وإعادة النظر فيه على ضوء ما جد من أبحاث .

•

يتصور آنشتين كعادته حالة خيالية قد يكون سبقه إلى بعض تفاصيلها أحد الحالمين في أوقات الأرق والسهاد : مِصعد في إحدى ناطحات السحاب الهائلة انقطع حبله فأخذ يهوي هوياً إلى الأرض . وكان فيه طائفة من العلمـاء يجرون



بعض التجارب ولا يرون شيئاً من أمر هذا السقوط الذي سيؤدي بحياتهم . فتناول أحدهم بعض الأشياء من جيبة صدفة « منديل ، قلم ، قطعة من النقود ، ساعة الخ ..» وكأن عارضاً وقع له فأرختها يده . ولشد ما كانت دهشة الجميع أن هذه الأجسام ظلت معلقة في الهواء . فإذا كان ثم مراقب خارجي فإنه لا يرى في الأمر من جديد : فالمصعد بما ومن فيه يهوى إلى الأرض بسرعة واحدة كما في تجربة غاليليو . وأما العلماء فلما كانوا يجهلون حراجة حالهم فقد يفسرون هذه الظاهرة العجيبة بأن عفريتاً من الجن قد نقلهم خارج مجال الجاذبية وبأنهم مستقرون الآن في الفضاء الخالي . ولهم كل العذر في هذا الظن . فأقدامهم أصبحت لا تضغط على الأرض ، حتى لقد انطبق عليهم قول لافونتين في أميرته الحسناء الفاتنة :

(لله ما ألطف) أقدامها تخطو على العشب فلا يشعر[١]

وجيوبهم الملأى بالأجهزة والمعدات العلمية انعدم ثقلها . والميزان الذي يحملونه معهم لم تعد كفتاه ترجح إحداهما على الأخرى ولو وضعوا فيهما أثقالاً مختلفة . وإذا قفز أحدهم إلى أعلى فانه يطفو قريباً من السقف ، وإذا دفع بقطعة من النقود في اتجاه ما فانها تسير في هذا الاتجاه أي في خط مستقيم بسرعة واحدة « مطردة » حتى تصطدم بجدار المصعد . لقد انعدمت الجاذبية في عالم هؤلاء بتأثير تسارع مصعدهم وأصبح كل شيء فيه يسير حسب ناموس غاليليو . ولذلك فيُسمّى هذا العالم نظاماً غاليلياً : فأي شيء يُدفع فيه في اتجاه ما يظل يسير في خط مستقيم إلى أن يصطدم بالجدار .

لنفرض أن مارداً نقل المصعد حقاً إلى الفضاء الخالي بعيداً عن جاذبية

---

(١) ... E l'herbe n'aurait pas Renti
Les Traces de ses pieds

الأرض وغيرها ثم ربط سقفه بحبل وأخذ يجره إلى أعلى . فيرتفع المصعد متسارعاً تسارعاً ثابتاً ، اي بسرعة تدريجيا . ولا يزال العلماء الذين فيه على جهل بحقيقة امرهم ويجرون تجاربهم كالعادة كأن شيئاً لم يكن . هنالك يشعرون انهم يضغطون على الارض بقدم ثابتة ، واذا قفزوا فلا يطفون قرب السقف ، واذا القوا بأشيائهم فانها تقع على الارض . وكذلك اذا دفعوا بشيء افقياً فلا يسير مطرداً بخط مستقيم بل بخط منحن . ففي هذه الحال يرجع اليهم صوابهم ويوقنون انهم يعيشون في الحياة العادية على سطح الارض حيث تسيطر الجاذبية . فاما المراقب الخارجي فلا يخفى عليه امرهم ويعلم انهم يتصاعدون : واما هم فليس لديهم وسيلة للبت فيما اذا كانوا في المجال الجاذبي او انهم يصّاعدون متسارعين تسارعاً ثابتاً في اجواز من الفضاء لا جاذبية فيها .

ان هذه السكينة بعينها تساورهم اذا رُبطت حجرتهم بحافة عجلة هائلة تدور في الفضاء الخالي . فالتصاعد في التجربة السابقة يقابله هنا فعل القوة الطاردة عن المركز . فيحسون ان شيئاً يشدهم الى الارض . فاذا كان هنالك مراقب خارجي فلا يخفى عليه ان هذه القوة هي القصور الذاتي . ولكن العلماء الذين هم داخل الحجرة لما كانوا يجهلون حقيقة امرهم فانهم يعزون هذه القوة الى الجاذبية ؛ لانه اذ كانت حجرتهم فارغة لا معالم فيها فلا شيء يُمكنهم من معرفة ما هو السقف وما هي الارض ، اللهم الا القوة التي تشدهم الى جهة دون اخرى . فما يسميه المراقب الاجنبي البعيد جداراً خارجياً للحجرة الدوارة يسميه اصحاب هذه الحجرة ارضاً لها . ليس في الفضاء الخالي جهة « فوق » و « تحت » فما نسميه نحن على سطح الارض « تحت » انما هو اتجاه الجاذبية . فالاستراليون والافريقيون والارجنتينيون يبدون لرجل على سطح الشمس معلقين من ارجلهم في نصف الكرة الجنوبي . وهكذا فالطائرة التي يخيل الينا انها تحلق « فوق » القطب الجنوبي انما تحلق في الحقيقة « تحته » عاليها سافلها .

وكذلك العلماء الذين هم داخل الحجرة المربوطة بالعجلة سيجدون ان جميع تجاربهم متفقة اتفاقاً تاماً مع نتيجة التجارب التي اجروها عندما كانت حجرتهم تصاعد في الفضاء الخالي . فأقدامهم ثابتة ، واشياؤهم تسقط على الارض كالعادة ، فيعزون هذه الظاهرة الى قوة الجاذبية ، ويعتقدون انهم ساكنون في مجال جاذبي .

•

يخلص معنا مما سبق ان التجاذب صنو للقصور الذاتي . فكل تغير في الحركة (او الاتجاه) المطردة (نظام غاليلي) يصحبه انتفاضة القصور الذاتي الذي يهب لمقاومة التغيير . وهذه الانتفاضة تشد الجسم في عكس اتجاه الحركة فينشأ عن ذلك شعور ظاهر بالجاذبية . وما يحدث لنا عند فرملة السيارة فجأة هو من هذا القبيل .

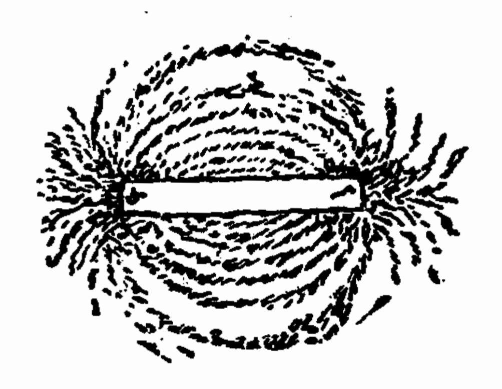
واذن ففي كل نظام غير غاليلي (كالحجرة الدوارة والمصعد المتسارع الى اعلى الذي يرتفع بسرعة آخذة بالازدياد ينتج عنهما تغير في الحركة) يسود مجال جاذبي . ومن شأن هذا المجال ان يؤثر في الظاهرات الطبيعية حوله .

ان الجاذبية لدى آنشتين تختلف اذن اختلافاً تاماً عنها لدى نيوتن . فهي ليست « قوة » . فالقول بان الاجسام المادية يمكنها ان « تتجاذب » انما هو خداع منشؤه النظر الى قوى الطبيعة نظرة ميكانيكية . لقد مضى العهد الذي كان العلماء فيه يعتقدون ان الكون آلة كبرى . فكلما تقدم العلم ثبت للعيان ان الكون ليس فيه ما يشبه الآلة . وهكذا فناموس الجاذبية لدى آنشتين لا ينبس بكلمة « قوة » . انه يصف سلوك الاشياء في المجال الجاذبي — السيارات مثلاً — ليس باستعمال هذه الكلمة ، بل بوصف المسارات التي تتبعها . فالجاذبية

في عرف آنشتين هي صنو القصور الذاتي . فحركات النجوم والسيارات تتولد من قصورها الذاتي ، والطريق الذي تسلكه تحدده خصائص المكان ، وبعبارة ادق خصائص الزمكان .

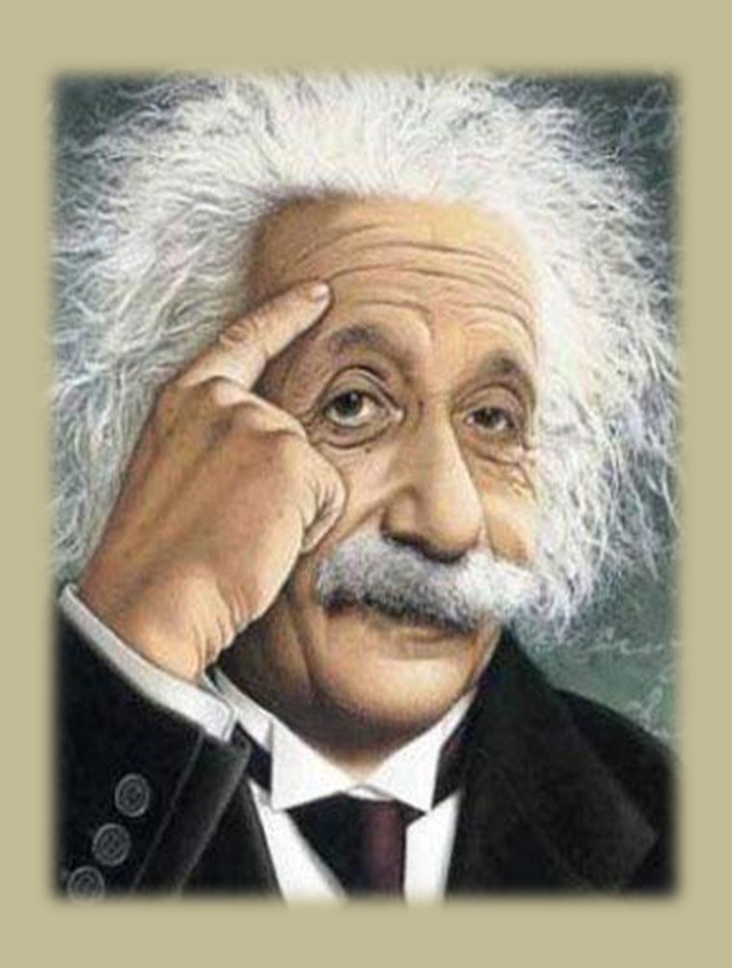
●

قد يبدو ذلك غريباً . ولكن يتضح عندما تنبذ الفكرة القائلة بان الاجسام المادية يؤثر بعضها في بعض بقوة مجهولة من مسافات شاسعة في الفضاء الخالي تبعد ملايين الكيلو مترات . فنظرية « التأثير عن بعد » قد أربكت العلماء



الشكل الثاني

كثيراً منذ نيوتن فتقبلوا على مضض وقد نشأ عنها صعوبات جمة . فالعلماء لا يقولون اليوم ان قطعة من المغناطيس تجذب قطعة من الحديد بقوة سحرية ، تنقل لحظياً وتؤثر فيها عن بعد ، بل يقولون ان قطعة المغناطيس ينتشر حولها حالات فيزيائية خاصة يطلقون عليها اسم « المجال المغناطيسي » ويؤثر هذا المجال بدوره في قطعة الحديد ويجعلها تسلك سلوكاً خاصاً يمكن رؤية آثاره



بذر هباء الحديد على ورقـــة توضع فوق المغناطيس . كما ترى في الشكل في الصفحة السابقة .

ان المجال المغناطيسي حقيقة فيزائية ثابتة . وكذلك المجـــال الكهربائي فكلاهما له تركيب خاص حددنه معادلات مكسول . والمجال الجاذبي هو ايضا حقيقة فيزائية ثابتة كالمجال الكهرطيسي ساء بسواء ، وله تركيب خاص حددته معادلات آنشتين .

فكما ان مكسول وفراداي يؤكدان ان قطعة المغناطيس تخلق حولهـــا خصائص مكانية تحيط بها ، كذلك آنشتين يقرر ان النجوم والسيارات وسائر الاجرام السماوية يحدث كل واحد منها تغييراً في الزمكان الذي يحيط بها . وكما ان قطعة الحديد في المجال المغناطيسي يقودها تركيب هذا المجال ، فكذلـــك الطريق الذي يسلكه جسم ما في مجال جاذبي ترسمه هندسة المجـال الجاذبي . وبعبارة اخرى ان جاذبية نيوتن قد هبطت من عليائها كقـوة واستحالت الى خاصة هندسية من خصائص الزمكان . فوجود مادة في الفضاء ذات كتلة معينة من شأنه ان ينشر في هذا الفضاء انحناء معيناً يمكن حسابه . وبتعبير آخر ان خصائص الزمكان متوقفة على كمية المادة التي يحويها ، على توزيعها فيه . فتبعا لكمية المادة في نقطة ما يكون انحناء الزمكان في هذه النقطة قليلاً او كثيراً . ويعبر عن هذا بالقول بانه يقوم في جـوار النقطة تجاذب يتفاوت قـــوة وضعفا يؤثر فيما حوله من الاشياء . فالنجم كالشمس اذ ينشر في الفضـــاء هذا الانحناء يحمل الجسم الذي يقوم في جواره يدور حـــوله بقوة قصوره الذاتي .

ان الكون في حقيقة امره ليس له كنه خاص وقوام ثابت ، تؤخذ منـــه قطعة من المادة وتوضع في اطار من الزمان والمكان . كلا . انه زمكان لا شكل له ولا قوام . كَتَشَلِ قطعة العجين يمكن تحويرها وتغييرها . فكما ان السمكة

التي تشق طريقها في البحر تثير الماء حولها ، فكذلك النجم أو المذنب أو المجرة أو السديم – كل أولئك يثير الزمكان حوله ويُعمل فيه تغييراً وتحويراً .

وإذن فوجود النجم يغير البناء الهندسي للكون . وعلى هذا فدقيقة من المادة لا تجذب أخرى مفصولة عنها ، لانه لا يمكن التأثير عن بعد . وإنما تتأثر هذه الدقيقة بشيء أو بصفة خاصة في الفضاء أو المتصل الزمكاني الذي يجاورها، فتسير في أهون سبيل يقتضيه طبيعة التحدب أو الانحناء أو التقوس فيه . فكرة « الكريكت » إذا ما تدحرجت في أرض مقوسة مثلاً فإنها تنحرف عن اتجاه حركتها المستقيمة وتنزلق بطبيعة تقوس الأرض إلى أوطأ نقطة فيها ، وبكلمة واحدة « تنجذب » اليها . ومن هنا يمكن الاستغناء عن جاذبية نيوتن ، فلا نقول بعد اليوم أن أثر كتلة المادة الجاذبة هو أن تصدر عنها« قوة » تتناسب مع عكس مربع المسافة فرضها نيوتن ، وإنما نقول وجود المادة هو سبب انحناء ما حولها وإن أثر هذه المادة هو أن تُحدث التواءً فيما حولها فينزلق ما يجاورها انزلاقاً حولها .

اني على تمام الوفاق مع القارىء في أننا جميعاً عاجزون عن تصور انحناء الزمكان ولا بد لنا من حاسة سادسة لإدراك كنهه . ولكن الأشياء ليست طوع تصورنا . فليكن الزمكان ما طاب له أن يكون ، فليس هو رهناً بمقدرتنا على استساغته . ولنعلم أن انحناءه متوقف على مسافة السيار من النجم . فالانحناء بالنسبة إلى سيار قريب من الشمس – كعطارد – أكبر منه بالنسبة إلى سيار بعيد كأورانوس . بل أن الانحناء ينعدم انعداماً تاماً إذا كان البعد عن النجم كبيراً جداً ، أي إذا كان لا نهائياً . فالفضاء هنالك فضاء أوقليدي، أي أن هذا الفضاء هو وحده الذي تنطبق عليه هندسة أوقليدس .

فخير لنا إذن نسلم بانحناء الزمكان على صعوبته . ومع هذا فمن يلح على أن

تكون له صورة محسوسة عنه – بعيدة عن الحقيقة من غير شك ، ولكنها قد تعطيه فكرة قريبة إلى الأذهان – فإننا نقدم له التمثيل التقليدي لقطعة القماش المشدودة أفقياً وتمثل مكاناً ذا بعدين . فإذا ألقينا فيها كرة من الخشب فانها تسير عليها في خط مستقيم . لنضع في وسطها كرة من الرصاص . هنالك يتجوف الوسط ثم تقع كرة الخشب في القجويف وتدور حوله دورة صغيرة بدلاً من أن تتابع سيرها في خط مستقيم . هنا يمكننا القول بأن كتلة كرة الرصاص قد أحدثت تغييراً في المكان – السطح ذي البعيدين – وطبعت فيه انحناءً ما . وهذا الانحناء هو المسؤول عن حركة الكرة الخشبية وجعلها تدور حول كرة الرصاص على نحو معين .

إن انحناء الزمكان شيء قريب من هذا . فالنجم – وليكن الشمس مثلا « يحفر » في الزمكان الرباعي الأبعاد غوراً يتوقف عمقه – أو انحناؤه – على كتلة النجم . فالسيارات المشدودة إلى هذا الغور تدور في فلكه بدلاً من أن تفلت في خط مستقيم وتنزلق بحكم تحدبه إلى أوطأ نقطة فيه ، لأن ذلك أهون عليها من سلوك أي طريق آخر .

●

ويتفق أحياناً أن الجسم المتحرك يقتحم من الخارج فلك النجم بسرعة تبلغ من العظم بحيث يشق طريقه فيخرج من فلك الغور سليما ، ولكنه على كل حال لا بد من أن ينحرف قليلاً وهو يمر به . هذا هو حال الفوتونات التي يتألف منها ضوء النجوم والتي تمس الشمس مساً خفيفاً وهي تمر بها في طريقها الينا . وهذه ظاهرة تنبأ بها آنشتين دون أن تخطر ببال أحد .

فالمعلوم أن الفوتون قذيفة في منتهى السرعة (٣٠٠,٠٠٠ كم ف.ث.) فمهما

اقترب من الشمس فان سرعته الخاطفـــة تكفي لأن يخترق فلكها ويمرق فيه مروق السهم فيفلت من الفور . وهكذا يحيد عن مساره المستقيم ويتابـع سيره محدثاً زاوية صغيرة جداً لها قدر معين يمكن حسابه . ولقد تنبأ آنشتين بمقـدار هذه الزاوية فصدق الرصد نبوءته ، وأحدث ذلك دوياً جعل العالم أجمع يلتف حول صاحبها . وهذه الظاهرة وتسمي « ناتج آنشتين » يمكن التحقق منها كلما أمكن رصد الشمس والنجوم معا وتصويرهما فوتوغرافياً ، أي في حال كسوف

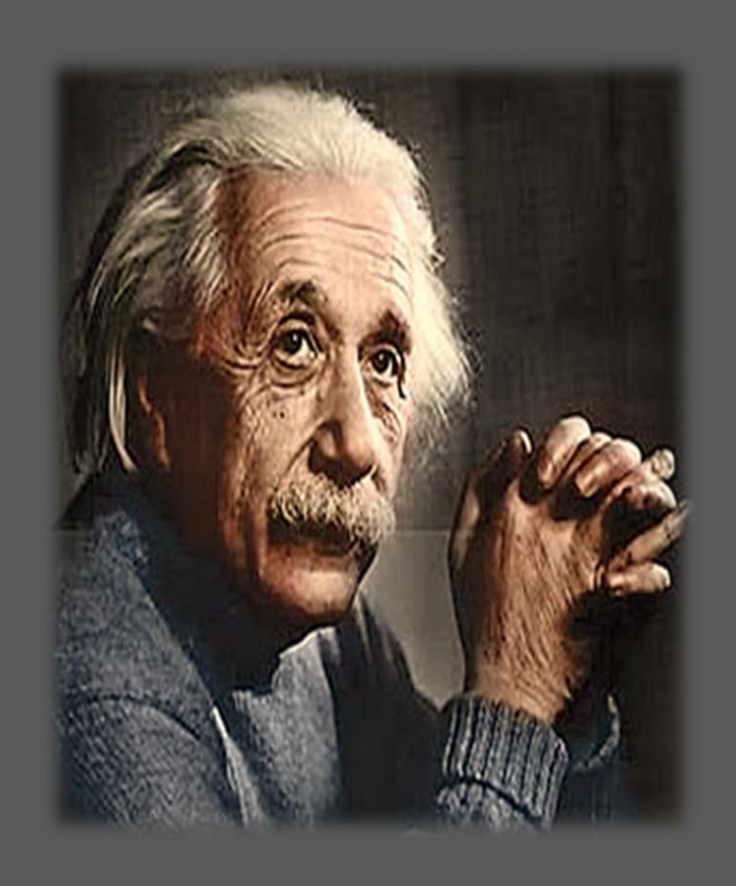


الشكل الثالث

الشمس كسوفاً كلياً ، ثم تُصوَّر هذه المنطقة بعد عدة أشهر وتُقارَن الصورتان. وكانت نتيجة هذا الرصد أن ظهرت النجوم أثناء الكسوف منحرفة قليـلاً عن مواقعها الأصلية بنفس المقدار الذي تنبأ به آنشتين كما ترى في الشكل ، وهـذا الانحراف ناشيء عنْ انحراف الضوء الذي تبعث به النجوم الينا بعد مروره قرب قرص الشمس . ولقد أجريت التجربة لأول مرة أثناء الكسوف الكلي للشمس في ٢٩ مايس (مايو) سنة ١٩١٩ ثم أعيـــدت مثنى وثلاث ورباع في أزمنة وأمكنة مختلفة وكانت النتيجة واحدة تقريباً .

إن « ناتج آنشتين » ذو أهمية كبيرة لأنه يثبت لنـــا تجريبياً أن الضوء يتصرف تصرف الأجسام المادية سواء بسواء ، وأن له كتـلة ، وبالتالي أن الطاقة لها كتلة .

●



وهناك ظاهرة أخرى فسرتها معادلات آنشتين في الجاذبية بعد أن ظل أمرها سراً مستغلقاً على من قبله . فناموس نيوتن يعزو إلى السيارات طبقاً — لقانون كبلر الأول — مسارات أهليجية (بيضوية) «ثابتة» في قطاعاتها . لكن قانون آنشتين يعزو اليها مساورات اهليلجية « تدور » في قطاعاتها . ولذلك كان من الضروري التنبؤ بانحراف مواقع الحضيض فيها وهو أقرب نقطة إلى الشمس . إن هذا الانحراف طفيف للغاية ، ولا يمكن التحقق منه إلا بالنسبة إلى عطارد ، أسرع السيارات وأقربها إلى الشمس ، ومساره أكثر مساراتها انفراجاً. ومقدار الانحراف نظريا هو ٤٢٫٩ ثانية قوسية في القرن .

هذا ومنذ أبحاث العالم الرياضي الفرنسي ليفيرييه الخاصة بحركة عطارد لوحظ أن موقع حضيضه لا ينطبق على نتائج ميكانيكا نيوتن بل هو ينحرف عنه بفرق مقداره ٤٣ ثانية قوسية في القرن . وهذا الفرق الذي استعصى تفسيره على جميع العلماء لم يعد سراً بعد ظهور نظرية النسبية العامة التي حسبت مقداره . وجاءت ملاحظات الرصد الأخرى لعطارد وتربو على الستة آلاف منذ عام ١٩٠٠ وقوبلت بملاحظات الأقدمين فأيدت نبوءة آنشتين .

●

لقد كان الناس إلى عهد قريب يحسبون الفضاء (والمكان إذا شئت) امتداداً لا نهاية له من الزمان والمكان أو اطاراً فارغا تتساوى فيه الحوادث . وهذا هو رأي نيوتن . فهو في نظره إطار مطلق مجرد ، مستقل كل الاستقلال عن المادة والقوى التي فيه .

ولكن الأمر ليس كذلك في نظر آنشتين . فهو يرى أن الفضاء الخالص لا وجود له ، بل هو العدم بذاته . ولا يمكن تصوره إلا إذا كان يحتوي على

النجوم . والكواكب والسيارات والشهب والنيازك والإشعاع والسدائم والغاز والغبار وحقول التجاذب . فهو لا وجود له إلا بوجود محتواه من المادة والقوة . فمحتواه هو الذي يجعله هو هو ، وهو الذي يسبغ عليه خصائصه . وهذا قريب مما قاله لونجفين : « ان الهندسة تتمين بالمحتوى الحقيقي للكون » كالقالب من المطاط – اذا صح التشبيه – لا تستقيم له شكل الا بعد نفخه نفخاً جيداً . فما لم يُنفخ فلا شكل متقوماً له .

●

ان من الطريف حقاً ان نحلم بفضاء فارغ البتة ليس فيه اي جسم صلب ، ولا يخترقه شعاع من النور ، ولا ينتشر فيه اي حقل كهرطيسي (كهربائي – مغناطيسي) . ولكن من العبث ان نأمل ان يمدنا هذا الفضاء باقل خاصية من الخصائص الطبيعية . هذا الفضاء المثالي هو فضاء هندسة اوقليدس حيث الخط المستقيم هو اقصر الطرق بين نقطتين، وحيث مجموع زوايا المثلث تساوي زاويتين قائمتين الخ . وبهذا المعنى تكون هندسة آنشتين قد نقضت هندسة اوقليدس . فهذه الاخيرة هندسة مثالية ولا تصلح الا على سطح ورقة او في فضاء مثالي ، بل لقد ثبت ان هذا الفضاء لا وجود له . فحيثما تنقّلْتَ بين النجوم تجد نثاراً من المادة المخلخلة ذات ثقل نوعي ضعيف ، ويقال ان منها تخرج اكوان جديدة كل يوم [1] واما هندسة اليوم بعد ظهور نظرية النسبية ونظرية الكم والميكانيكا

---

(١) قلنا مراراً أن الكون ممتلىء بمادة غازية لا ينضب معينها . وقد اختلف العلماء في وظيفة هذه المادة وهناك رأي على جانب كبير من الأهمية في الدوائر العلمية مؤداه أن هذه المادة هي الطين الذي بني منه الكون . ولا تزال عوالم جديدة تبنى من هذه المادة . وقد اكتشف العالم السوفياتي فيسنكوف من خلال تلسكوب روجكوفسكي وجود لطخات سحابية رقيقة جداً في الفضاء يجمع بينها نجوم متميزة تتشابه خصائصها . وهذه النجوم التي تشبه السلاسل الصغيرة متقاربة جداً وهي في حالة عدم استقرار . وتدل أبحاث الرصد على أنها نجوم في طور التكون والنشأة . إذ تتحقق فيها جميع الشروط التي ينتج عنها تكثف المادة الغازية المنتشرة في أرجاء الفضاء. وأما اللطخات السحابية التي تجمع بينها فمن المرجح أنها الراسب الغازي للطخات لم =

الموجية – ولا سيا بعد ظهور نظرية النسبية الجديدة التي اعلنها آنشتين مؤخراً باسم « النظرية التوحيدية » وسيأتي الكلام عنها – اقول ان هـــذه الهندسة الجديدة لم يعد الفضاء فيها شيئاً سلبياً لا دخل له ، بل لقد اصبح عنصراً فعالاً هو كل شيء ، هو والمجال الجاذبي والمجـــال الكهرطيسي والمادة والضوء شيء واحد .

•

ولنعرض الان لنقطة هامة من موضوعنا : وهي هل الكون نهائي ام غير نهـــائي ؟ فلنلق على الكون بمجموعه نظرة شاملة تستوعبه كله من اقصاه الى اقصاه . فالفضاء يغص بالملايين من المجرات التي تتألف كل واحدة منها من ملايين النجوم ، وكل مجرة من هذه المجرات هي بمثابة الجزيرة الصغيرة « تحفر » غورها الخاص بها في الفضاء .

= تتكيف بعد وهي في طريقها إلى التكثف .

وقد اهتم فيسنكوف بتعرف أصل هذه اللطخات . فقارن السدائم الموجودة في درب التبـان بعضها مع بعض واستطاع أن يرسم التطور الذي يحتمل أن تكون قد مرت فيه فوصل إلى تقرير المراحل الآتية :

فأولاً : تكون السماء مختلطة لا نظام فيها تذرعها سحب مظلمة من مادة ممتصة .

ثم تنبض بفعل عوامل باطنية وتظهر فيها تموجـــات تتحول إلى لطخـات كبيرة منعزلة هي نجوم المستقبل .

والمرحلة الأخيرة من هذا التطور هي سديم قوامه لطخـات عن المادة المتكثفة جـــدا تصبح كروية الشكل ثم تكون نجوماً . ويرى كثير من العلمـاء أن الأشعة الكونية التي سجلت آثارهـا في طبقات الجو العليا وتخترق طبقة من الرصاص عمقها عدة أمتار وتتخلل كل شيء ، يرون أنهـا من نواتج عملية خلق عوالم جديدة من مادة غازية يتمخض بها الفضاء الذي كنا نعتبره إلى عهـد قريب خلاء مطلقاً .

ويبدو الفضاء اذن امام عملاق كبير جداً يستطيع ان يستوعبه كله بنظرة واحدة ، يبدو امامه كأنما هو مصنوع من نتوءات متفاوتة في العمق . فاذا ابتعد هذا العملاق قليلاً ليُرجع البصر ويراه عن كثب ، فانه يري كرة كبيرة جداً جداً تختفي فيها المعالم الصغيرة من مجرات ومجموعات مجرية ولا يبقى منها الا الشكل الكلي .

فكما ان الكون ينحني محلياً حول النجم او المجرة الخاصة باسره ، فكذلك اذا نُظر اليه ككل لا بد ان ينحني بمجموعه بعضه حول بعض ويلتف حـــول المادة التي يتمخض بها نتيجةً لوجودها فيه . وبعبارة اخرى ان المجرات تشغل السطح الخارجي لهذه الكرة – اذا صح التشبيه . واذ كانت هذه الالتواءات وهذه التعرجات – وهي طفيفة جداً بالقياس الى حجم الكرة الكلي – تذرع السطح من جميع الجهات ، فلا بد من ان تلتقي حواشيها ، كالتضاريس الارضية ليست شيئاً بالقياس الى حجم الارض ولا تمنع من كرويتها ، وكنتوءات البحر التي تحدثها امواجه ، فان معالمها اذا نُظر اليها من سفح جبل تختفي وتتحد ليكون منها سطح كروي في مجموعــه ، وكتجعدات البطاطا تكاد لا تُرى . ومعنى ذلك ان المادة التي تملأ جوانب الكون تقسره لا على ان ينحني هنـــا وهنـــاك فحسب ، بل على ان ينقفل على نفسه ايضاً فيكون له شكل الكرة . وهذه الكرة لها اربعة ابعاد : ثلاثة مكانية والرابع مكاني .

ان التمثيل بالكرة ليس سليماً من جميع جوانبه : اذ الكرة لها باطن ولها خارج . فباطن الارض ممتلىء بالمعادن والصخور ، وفي جوها تحلق الطيور . واما كرة الكون فغير ذلك . انها غشاء كروي لا شيء فوقه ولا شيء تحته ، ولا شيء خارجه ولا شيء في باطنه . وتسمى كرة الكرات . فالرياضي يتلقى هذه الصورة على انها معادلة رياضية والسلام ، حتى انه لا يحاول ان يضفي عليها معنى من المعاني المحسوسة ، واما الرجل العادي اذ ليستعصي عليه تمثل ذلك كله

فانه ينادي بالويل والثبور ، ويحنق على النظرية وعلى صاحبها ، وعلى العلم والرياضة ، وعلى الناس اجمعين !

واذا كان الكون مقفلاً على نفسه فله حجم مغلق ، وبالتالي فهو محدود . فالفضاء اللانهائي الذي كان يتشدق به العلماء في الماضي قد نبذ اليوم من دائرة العلم بكل ما فيه من اسرار واحاجي ، وقد حل محل اللانهائي المظلم المضطرب الذي لا سبيل الى معرفته عالم نهائي ، بل عالم يمكن قياس مقداره . وبعبارة اخرى ان شعاعة النور اذا سارت دائماً في خط مستقيم لا بد من ان ترجع الى حيث بدأت بعد (٢٠٠) تريليون من سنواتنا الارضية . فهو بهذا المعنى نهائي ولكنه غير محدود . اذ لا اول له ولا اخر . فاي نقطة فيه تصلح ان تكون اولا له وان تكون اخراً على السواء . كسطح الارض له حجم معين ، فهو نهائي ، ولكنه غير محدود ، فانّى انتقل الانسان فيه ، ومهما ابعد فلن يصادف من حافة .

الحق ان تفكير آنشتين في نهائية الكون اولا نهائيته لم يكن في مثل هذا الوضوح والثبات . فبعد ان صاغ نظريته في كون مغلق ساكن (كون راكد) ذكرنا اهم خصائصه رجع ، بتأثير نظرية تمدد الكون فقال بأن كوناً متمدداً ككوننا ليس من الضروري ان يكون نهائياً . ومع هذا ففي الطبعة الرابعة لكتابة « معنى النسبية » الصادر عن جامعة برنستون عام ١٩٥٣ ، وكذلك في الطبعة عشرة لكتابة « النسبية » المطبوع في لندن عام ١٩٥٤ — انضم بعد تردد الى نظرية تمدد الكون التي سنتكلم عنها الآن وفي قلبه منها غصة . فالكون ليس لا نهائياً ، وليس اوقليديا ، وليس ثابتا ، وانما هو شيء بين ذا وذاك ، لا تدركه الاوهام ولا يخطر في الاذهان .

●

تقدم القول بان الكون تذرعه ملايين المجرات . وهذه المجرات لها اشكال متعددة وسرعات مختلفة . ولقد كان يُظن الى عهد قريب ان الكون استاتيكي (راكد) ذو حجم ثابت لا يتغير . ولكن طلع علينا في الآونة الاخيرة عالم رياضي بلجيكي هو القس لامتر – الذي قلنا أن آنشتين التقي به في بلجيكا – بكونٍ ديناميكي . ومؤدى نظريته أن نطاق الكون يتسع وحيزه آخذ في الانتفاخ وليس له حجم ثابت . فالمجرات ليست تظل على مسافات واحدة بعضها من بعض ، بل أن هذه المسافات تنفرج شيئاً فشيئاً . إذ قد أثبتت دراسة الضوء المنبعث من هذه المجرات أنها تبتعد عنا وتتباعد بعضها عن بعض بسرعات خيالية . ولقد ظهر أيضاً أن سرعة تباعدها تزداد بازدياد المسافة بيننا وبينها . أي أن المجرات القريبة منا تتباعد عنا بسرعة أقل من المجرات البعيدة ، وهذه أقل من التي يتليها في البعد . وهلم جراً . والحق أنها تتباعد عنا بسرعة واحدة . ولأضرب لذلك مثلاً بنفاخة المطاط التي يتلهّى بها الأطفال . فإذا رسمنا عليها نقطاً متقاربة من جميع جهاتها ثم نفخناها فإن سرعة تباعدها بعضها عن بعض تكون واحدة من جميع الجهات . ولكن لنفرض أن على كل نقطة مكروبات لها عقول كعقولنا فأرادت أن تقيس تباعد هذه النقط عنها ، فانه يخيل اليها أن النقط البعيدة تبتعد عنها بسرعة أكبر من النقط القريبة . وأنه كلما زادت المسافة زادت السرعة . ويُخيّل هذا لسكان كل نقطة . ولذلك فكل نقطة تحسب نفسها أنها مركز النفاخة مع أن سطح النفاخة ليس له مركز . وعلى هذا النحو بالضبط يجب أن نتمثل نحن تمدد الكون ، إذ يخيل الينا أن المجرات البعيدة تتباعد عنا بسرعة أكبر من المجرات القريبة ، وإننا في مركز الكون ، مع أن الكون لا مركز له .

والكون في مثل هذا التمثيل ليس كل نفاخة المطاط ، وكذلك ليس جوفها ، وإنما هو كما قلت سابقاً سطحها فقط ، وبالأحرى إنما هو مساحات محدودة من سطحها . وأجرام المادة من مجرات وسدائم تحتل هذه المساحات

المحدودة فقط وتسبح فيها ويتدافع بعضها عن بعض بانتفاخ الغشاء على حـــال الفضاء الخالي . وكما أن النفاخة تنفجر عندمـا يبلغ الانتفاخ حـدأ معيناً فتتناثر أشلاء ، فكذلك الكون ما يزال يكبر ويكبر حتى ينفجر في النهـاية ويتطاير كسفاً ويتناثر حطاماً .

إن هذا التمـــدد عظيم الأهمية عميق الدلالة . لأننا إذا رجعنـا إلى الوراء وتتبعنا طريقه الذى سار فيه ، أدى بنا ذلك إلى أن المجرات في المـاضي كانت متقاربة ، والمسافات بينها كانت أقل كثيراً مما هي عليـــه اليوم . وإذا أمعنا القهقرى أكثر فأكثر ، انتهى بنا المطاف إلى عهد كانت فيــه جميع السدم التي تكونت منها المجرات محتشدة كلها فى حيز ضيق واحد ، ولبثت كذلك حقبة من الأزل . ثم أخذت تتمدد وتنتفخ منذ بضعة مليـــارات من السنين . ومعنى ذلك أن الكون حسب هذه النظرية لم ينشأ كرة فارغة ، وإنما كان كرة كثيفة جداً ثم جعلت تنتفخ شيئاً فشيئاً كأنما فيها قوة تدفع أجزاءها بعضها عن بعض خارج محيطها حتى فرغ جوفها من الداخل وأصبحت أشبه بنفاخة المطـاط أو فقاعة الصابون ، ولا تزال تنتفخ حتى تنفجر وتتساقط كسفاً .

●

قضى آنشتين السنوات الأخيرة من حياته يدغدغه حلم جميل لم يفارقه طيلة ربع قرن ، ويبدو أنه قد حققه قبل مماته : ألا وهو نظرية « المجال الموحد » . وهذه النظرية تُلخص في سلسلة من المعادلات التي تبدو لغير المتخصص كنقوش الأشوريين ، القوانين التي تسيطر على الجاذبية والكهرطيسية . وندرك قيمة هذه النظرية إذا ذكرنا أن جميع ظواهر الطبيعة مرجعها هاتان القوتان الأساسيتان. ففي القرن الثامن عشر كانت الكهرباء والمغناطيسية يُنظر اليهما على أنهما كميتان متميزتان إحداهما عن الأخرى . ثم جاء القرن التـــاسع عشر فأظهرت أبحاث

ارستدو فراداي أن التيار الكهربائي يحيط به دائماً مجـال مغناطيسي ، وإن القوى المغناطيسية يمكنها في بعض الأحيان أن تثير حولهـا تياراً كهربائياً . وبذلك تم اكتشاف المجـال الكهرطيسي . وهكذا فالكهرباء والمغناطيسية يمكن اعتبارهما ظاهرة واحدة . وإذا استثنينا الجاذبية فان جميع قوى الطبيعة الأخرى (قوى الاحتكاك ، قوى التماسك الذري ، قوى المرونـة التي تمكن الأجسام من الاحتفاظ بأشكالها الخ) متحدرة من أصل الكهرطيسي . وكل هذه القوى تتضمن وجود المادة . والمادة تتألف من ذرات ، والذرات تتـألف بدورها من جزئيات كهربائية . إن التشابه كبير جداً بين ظواهر الجـاذبية والظواهر الكهرطيسية . فالسيارات تدور في المجال الجاذبي للشمس ، وتـدور الكهارب (الألكترونات) في المجال الكهرطيسي لنواة الذرة . والأرض قطعة مغناطيسية هائلة . وكذلك الشمس والقمر والنجوم .

ولقد قامت عدة محاولات لتفسير الجاذبية وجعلها تنحل إلى ظـاهرة كهرطيسية فباءت جميعها بالفشل . وخيل إلى آنشتين نفسه عام ١٩٢٩ أنه قد نجح في هذا المضمار . فنشر آنذاك بحثاً في نظرية المجال الموحد ، ثم لم يلبث أن نبذها بعد مدة لأنها لم تعجبه . وأما نظريته الجديدة التي طلع علينا بها مؤخراً فهي أكثر اتزاناً . فهي تضع سلسلة من النواميس الكونيـة تستوعب في وقت واحد المكان اللامحدود للمجادلات الجاذبية والكهرطيسية المترامية في الكون وميدان الذرة الضيق العجيب . لقد أصبح المجاذبي ، والمجـال الكهرطيسي ، تبعاً لهذه النظرية ، حالتين عابرتين ووجهين مختلفين لشيء واحد . ولكن هذه النظرية لا تزال موضعاً للنقاش وليس في الوسع الآن أن نستخلص منهـا نتيجة يمكن إثباتها تجريبياً . فلا بد من متابعة البحث شهوراً وأعواماً لمعرفـة ما إذا كانت الغاية المنشودة قد تحققت .

ومن شأن هذه النظرية — لو صحت — أن يزول الفرق فيها بين العالم الأكبر والعالم الأصغر ، بين الكون والذرة ، بين المجال الجاذبي والمجال الكهرطيسي ،

وتنحل الحركات فيها - من حركة المجرات حتى حركة الألكترونات - إلى غضون في مبنى المجال الموحد وتغيرات في درجة تركزه وتوتره .

●

وهكذا فوراء ما يظهر في الطبيعة من تعقيد بالغ ، بساطة لا غاية لها ولا حد . لقد ضاعت أحاسيس الإنسان وأفكاره في وحدة مطلقة عُرّيت من كل صفة وسُلبت كل قوام . لقد حققت نظرية المجال الموحد أيما تحقيق غاية العلم القصوى ، فادرجت أكبر عدد ممكن من الوقائع التجريبية في نظام عام يستوعبها جميعاً ويصهرها في بوتقة واحدة . إن عملية التوحيد هذه ليست وظيفة العلم وحده ، انها أيضاً أعز أمنية للفكر البشري . فلقد كان جل هم الفلاسفة والعلماء والصوفية دائماً أن يوجهوا جهودهم إلى معرفة الجوهر الأقصى الذي يكمن فيه سر هذا العالم ويحيد تمثيل روايته . قال أفلاطون منذ ثلاثة وعشرين قرناً : « إن العاشق الحقيقي للمعرفة يسعى دائماً في طلب الوجود (الثابت) ، فهو لن يرتاح ولن يقر له قرار أمام هذه الحوادث المتعددة التي ليس لها غير ظاهر من الوجود » .

لقد اتسعت شقة الخلاف بين عالم الظواهر وعالم الحقائق . فكلما أسفرت الطبيعة عن وجهها وتخلت عن سر من أسرارها، وكلما شاع النظامُ في الفوضى ودبت الوحدةُ في التنوع والبساطةُ في التعقيد أمعن الإنسان في التجريد والبعد عن عالم الخبرة . لقد كانت الضريبة باهظة . فلا يوجد أي شبه بين صورة الشجرة التي نحسها والشجرة التي تصفها لنا الميكانيكا الموجية ، بين قبة السماء المتلألئة في الليل وبين الزمكان القاحل المزيل الذي حل محل المكان الأوقليدي لحواسنا .

لقد دفعنا ثمن العلم غالياً عندما أردنا التحرر من ضوضاء الحواس ، ففرقنا

بين عالم الظاهر وعالم الحقيقة – إن صح وجود هذا العـــالم الأخير . على نفسها جنت براقش . فالنتيجة الحتمية التي لا مناص لنا من الافضاء اليها في نهاية الأمر هي أن الأكمَة ليس وراءهـا شيء ، وإن الانسان هو بطل هـذه الرواية ، وفيه يكمن السر . وإذا كان علم النفس لا يزال طفلاً يحبو ، فلا نتوقع أن تبوح لنا الفزياء الذرية وعلم الفلك قريبـاً بكلمة السر . فاذا فهمنا الانسان فهمنا الكون . ففيه وحده كلمة السر !

ومهما تقدمت كشوف الفزياء وضرب العلم في التجريد فلن يتخـلى الانسان أبداً عن كون حواسه ، ولن يستمرىء غيره ، لأن فيه قوام وجوده . فشتان بين عالَمَ لا يُحَس ولا يُدرَك ، عـالم لا لون له ولا طعم ولا صوت ولا رائحـة ، وعالم كله رُواء وجمال !

يقول هيغل بحق : « إن الوجود والعدم شيء واحـــد » فحيـاة الظلال والخداع أغنى الف مرة من حياة الحقيقة ، وفيها يكمن معنى الوجود ، وأمـا عالم الحقيقة فهو فقير شاحب هزيل لا معنى له على الاطلاق . فمهما أمعن الفلاسفة والعلماء في الغض من شأن عالم الظواهر ، فعالم الظواهر يظل عالم النور والجمال ، عالم الصور والالوان ، عالم السماء الزرقاء والعشب الاخضر الريان ، عالم الواقـع الذي نسمع فيه خرير الماء وزقزقة العصافير ، ونتمـلّى فيـــه بتنفس الصبح وشروق الشمس ومس النسيم . وبكلمة واحدة أن عالم الظلال والخـــداع والظواهر يعدل الف مرة عالم الحقيقة . لان الظلال والخداع والظواهر معان خلعها الانسان على ما لا معنى له ليتمتع بكل معنى . فنحن كما يقول بوهر نمثل رواية الوجود الكبرى ونشهد فصولها في آن واحد . فالانسان هو سر الاسرار وأحجية الاحاجي ، ولن نفهم الكون قبل أن نفهم الانسان .

●

ولئن كان عالَمُ العلم بعيداً عن عالَم الحس ، فلا يغض ذلك من قيمته ، لانه في مقابل ذلك قد ظفر بأعظم الانتصارات العلمية التي عرفها التاريخ . وهذه الانتصارات لا بد أن ندفع ثمنها . ولحسن الحظ أن هذا الثمن كان نظرياً أكثر منه عملياً . ولذلك فلا علينا ما دام الثمن قليلا . وليكن العالم في ذاته – إن كان لهذه الكلمة معنى – ما طاب له أن يكون . فاذا كان العلم لا يقول لنا شيئاً عن حقائق الاشياء – إذا كان لها من حقائق – فهو قد نجح نجاحاً كبيراً في تحديد علاقاتنا بهذه الاشياء ، وعلاقاتها بعضها مع بعض ووصف الحوادث المتمخضة بها ، فماذا نريد بعد ذلك ؟

●

انني لا اعتقد أن الفكر البشري أنجب نظرية ثار النقاش حولها مثلما ثار حول نظرية النسبية سلباً أو إيجاباً . فلقد عارضها المعارضون وتحمس لها المتحمسون وأصبحت موضة العصر منذ عام ١٩٢٠ . لقد انبرى الكثيرون لمعارضتها عمداً بحجة أنها غير مفهومة وأنها بعيدة عن المألوف وانها قوضت أسس الفزياء القديمة وقضت على هندسة أوقليدس . كما قاومها آخرون بدافع الحقد والضغينة والتعصب الاعمى . وقد رأينا طرفاً من ذلك في القسم الأول ، كما رأينا موجة الاعجاب بصاحبها تطغى على كل شيء رغم فهمها وسوء تأويلها .

لقد كانت أهم حجة تذرع بها المعارضون هو أن هذه النظرية مخالفة للعقل السليم . فمن الاجرام أو الجنون في زعمهم تغيير فكرتي الزمان والمكان البديهيتين . فهبطوا إلى الشارع وانضموا إلى الغوغاء .

إن هذه النظرية جديدة كل الجدة . ولا بد لفهمها من مجهود جبار من الفكر

وتركيز الذهن . ومن المؤسف حقاً أن سواد الناس — دون خاصتهم — يتهيبون بذل الجهد ويُشفقون من تركيز الذهن ويؤثرون حياة الرتابة ، ويتشبثون بالإلـف والعادة ، ويثورون على كل تجديد . إن « ملكة الحكم الجيد وتمحيص الحق من الباطل » التي يتغنى بها ديكارت ليست دائماً معياراً قوياً وهادياً اميناً في دراسة الطبيعة ، لانها لا ترتاح الى غير المألوف ، ولا تخرج على العقل السليم . فالعقل السليم هو الذي يقول لنا ان الارض مسطحة وانها مركز العالم . والعقل السليم هو الذي ثار على ارسطارخوس الساموي . عندما قال منذ عام ٢٧٠ قبل المسيح ان الارض هي التي تدور حول الشمس . والعقل السليم هو الذي أدرج كوبرينقوس في عداد المشبوهين لانه احيا نظريه ارسطارخوس ، وكذلك العقل السليم هو الذي ادان غاليليو لانه ايّد بدعة كوبرينقوس . والعقل السليم ايضاً هو الذي علم القدماء ان الحركة التي لا تُغذّى لا بد ان تقف ، وان الحركة « الطبيعية » هي الحركة الدائرية . واذا بقانون القصور الذاتي ينقض بعد الفي عام قول القدماء ويثبت ان الحركة المستقيمة هي الحركة الطبيعية . ان المناقشات الفلسفية الفارغة التي اسقمت الفكر واجدبته في القرون الوسطى خير مثال على ضلالات العقل السليم . فلنحاذر العقل السليم وضلالاته .

ان المعيار القويم والهادي الامين هو العلم والعلم وحده ، العلم بمنهجه التجريبي ، باستقرائه واستنتاجه ، بروحه الوثابة ، بالفكر الذي يعده ويصنف وقائعه ، ويبني على نتائجه ؛ ولا مقاس الا"ه" .

●

والان نتساءل : هل نظرية النسبية صحيحة ؟ ان صحة نظرية من النظريات لا تكون ابداً بمعنىً مطلق . فالجواب الوحيد الذي يمكن ايراده الآن هو ان نظرية النسبية في الوقت الحاضر تفسر عدداً « إكبر » من الظواهر التي فسّرتها

سابقاتها ، وتفسرها « خيراً » منها جميعاً وحسبها ذلك بالآن . فالنظريات التي ستعقبها ستكون اعم منها ، وستنجح في النقاط التي قد تخفق فيها نظرية النسبية .

فلقد سيطرت الميكانيكا التقليدية التي وضع نواتها نيوتن في كتابه «المبادىء» زهاء قرنين من الزمن ، وحققت انتصارات باهرة في الفيزياء وعلم الفلك ستظل دائماً من مآثر الفكر البشري وامجاده . فهـــذه الميكانيكا وناموس الجاذبية لا يزالان يتجاوبان مع كثير من حاجات الميادين التي تأسستا فيها : فهما لا تزالان تعلّمان في المدارس والجامعات . فهل هما صحيحا ؟ نحن نعلم اليوم ان الفروض الاساسية فيهما ليست صحيحة ، ونتائجها رغم ما يبدو عليها من الدقة تظل تقريبية . فالصيغ التقليدية التي صيغتا بها خاطئة ، ولكنها قد اعطت نتائج صحيحة ما دام امرها مقصوراً على السرعات الضعيفة ، اي التي ليست يذكر بالقياس الى سرعة النور .

وها إن نظرية النسبية تحل محل ميكانيكا نيوتن وناموسه . واذا بها تنطلق من فروض جديدة كل الجدة قد نلتقي نتائجها العامة مــع الميكانيكا التقليدية في نطاق السرعات الضعيفة . ولكنها ما ان تتجاوز هذه النطاق حتى تفترق عنها وتتفوق عليها تفوقاً لا مثيل له . بل ان النظرية الجديدة لا تأمل ان تسود حقبة طويلة الامد كسابقاتها ، لان التاريخ يقفز في هذا العصر . وقد وقد رأينا كيف كان آنشتين نفسه يجاهد لتخطي نظريته هو ، ووضع نظرية المجال الموحد . ان النسبية ستزول يوماً كسابقاتها ، فالعـــلم لا يعرف نظرية نهائية . فجميع نظرياته موقوتة بعصورها ، مرهونة بأوقاتها . وهـــذا من اهم عوامل تقدمه . ولا ننس اخيراً ان نظرية النسبية هي هندسة المتواصل وانهـا تتجاهل – وبالاحرى لم نوفق في تفسير – المتفاصل مع ان لبِنات الكون الاساسية متفاصلة اي ذات تكوين حُبَيبي منفصل بعضه عن بعض . وهذا مـا

اخذه دي بروى على آنشتين . كما اخـــذ عليه بان مقولتي الزمان والمكان لا تنطبقان الا على الصعيد الأعلى من العالم واما الصعيد الادنى أي عالم الكموم فله مقولاته الخاصة . ان آنشتين نفسه قد احس بهذه الثغرة في نظريته ، واشار اليها صراحة في الملحق الثاني لكتابه ، «معنى النسبية» ، لكنه تجنب التعقيب على دي بروي في هذا الموضوع ، وهكذا نري حركة الانشقاق على هذه النظرية تبدأ في إبان اعلانها .

•

وقد آن لنا ان نتساءل اذا كانت الميكانيكا التقليدية خاطئة فما بال العلماء لم يشعروا بذلك الا بعد أمد طويل ؟

ان هذه الميكانيكا تكفي في نطاق التجارب العادية ، في الكميات المحدودة والسرعات الضعيفة كسرعة السيارات والعربات . واما نظرية النسبية فتتدخل عندما يتطلب الامر ارقاماً كثيرة وذيولاً رياضية طويلة : فهي جهاز الدقة في ايدي العلماء . كـمَثَلِ الارض ، فهي مسطحة اذا اقتصرنا على بقعة محدودة منها . ولكننا اذا نظرنا اليها ككل فهي كروية . فالصورة الثانيـة ادق من الاولى ، والاولى تلتقي مع الثانية في نطاق المساحات المحدودة .

واخيراً نتساءل : ما هو التغيير الذي احدثته هذه النظرية في حياتنـــا العملية ؟

•

من المؤكد اننا يمكننا ان يعيش ونموت ونحن على جهل ليس بنظرية النسبية وحدها وانما بكل نظرية اخرى . فالمراحل العقلية الحاسمة التي حققها العـــلم لم تقلب الحياة اليومية حالاً ، ومع هذا فقد خطت بالانسانية خطوات واسعة

الى الامام على تفاوت في فترة الانتظار . فحضارتنا المادية وفلسفتنا الراهنة هما وليدتان لانتصار عدد قليل من الافكار العظيمة .

ها قد مضى أربعة قرون على وفاة كوبرنيقوس . ان مذهبه من الوجهة « العملية » ليس اخصب من مذهب بطليموس ، وان رجل الشارع يكاد لا يحس به . ومع هذا ففكرة كوبرنيقوس قد تمخضت عن العصور الحديثة . فلولاه لما ظهر كبلر ولا غاليليو ولا نيوتن .

وكذلك الحال في نظرية النسبية . فالحياة اليومية لم تتأثر بها . ولن تختلف بها في الغد عنها اليوم ، كما لم تختلف عنها بالامس . ولكن العلم قد انطلق من عقاله انطلاقاً لا عهد له بمثله . وعلى كل حال ، فالعلم سواء اخذ بنظرية النسبية ام لم يأخذ فهو لن يفكر بعد آنشتين . وهي ان عاجلاً وان آجلاً ستؤتي ثمارها المرجوة . وانا بذلك زعيم .

٣

لئن كان من السهل نسبياً الكلام عن آنشتين العالِم ، فالكلام عن آنشتين الفيلسوف امر في غاية الصعوبة . فآراؤه الفيزيائية وان تـعثّر الكثيرون في عرضها باسلوب يخلو من التعقيد ، الا انها قد تبلورت على كل حـــال في ذهن صاحبها على الاقل واستقر امرها . لكن فلسفته ليست في مثل هــذه البساطة ويشيع فيهـا التناقض الذي رأيناه في شخصيته السياسية وفي سلوكه كاستاذ .

●

فتارة ينفي عن نفسه تهمة المثالية ويصرخ باشياء يُفهم منها انه واسخ الايمان بالتجربة ، وبأن الكون له حقيقة فيزائية مستقلة . ولكنه تارة اخري يجـرد الزمان والمكان ، كما رأينا ، من صفات الوجود المستقل ، ويجعلهما من صنــع الانسان . فلكل انسان زمانه الخاص ومكانه الخاص . وكذلك هو لا يعترف بوجود قوانين اساسية للكون ، متابعاً في ذلك بوانكاريه وماخ . فالقوانين في نظره من خلق الخيال ومن محض الفكر . وهي ليست وليدة الاستقراء والتعميم ، بل وليدة نشاط المخترع الذي يخضع في تأملاته لمبدأين اثنين : احدهما تجريبي ومؤداه ان نتائج نظرية من النظريات يجب اثباتها بالتجربة ، والآخر منطقي

جمالي يُشك في قيمته وهو « مبدأ الاقتصاد في الفكر » ومـؤداه ان القوانين الاساسية للكون يجب تقليلها الى اقل عدد ممكن وعدم تعارضها منطقياً . وهذا قريب مما تقول به مدرسة الوضعية المنطقية .

وفوق هذا ان التجربة التي يشيد بها في بعض الاحيان لا يمكنها في رأيه ان تكون مصدراً لادراك الحقيقة . فهو يقول : « وبمعنىً ما فاني اؤمن اذن ان التفكير الخالص يمكنه ان يفهم العـالم الواقعي كما كان يحلم بذلك الاقدمون » .

فهو كأستاذه ماخ يؤكد إن الاشياء المادية لا وجـود لها في ذاتها ، بل هي تمثل مركبـات من الاحساسات تتكرر باستمرار . فالاحساسات هي العنصر الاول ولا شيء الاّها . ولذلك فهو يرى ان غاية الفزياء ليست هي اكتشاف العلاقات القائمة بين الاشياء المادية ، وانما العلاقات القائمة بين الاحساسات ، فالانسان لا سبيل له الى معرفة العالم ، فكل ما في وسعه انمـا هو معرفة احساساته . واذْ يقرر آنشتين ان العلم وقوانينه من صناعة الفكر الانساني ، وان العالم الواقعي هو مركبات من الاحساس ، وأن غـاية القوانين تصنيف احساساتنا ، فالتجربة هي شيء ذاتي ، وموضوعها مركبـات الاحساس . وهكذا نري ان علم الفزياء يكاد يستحيل لديه الى علم النفس .

•

ويبالغ آنشتين في قيمة الرياضيات نتيجةً لهذه النزعة . فهو يقول : « ان البناء الرياضي الخالص يُمكّننا من اكتشاف تلك الافكار وتلك المبادىء التي هي مفتاح فهم ظواهر الطبيعة » حتى انه لقد حاول ان يستنبط من معـادلة المجال المتواصل وحدها عموم الفزياء ، بما فيها عالم الذرات والخصائص الكومية

وهنا يتجلى ميل آنشتين للصورية الرياضية البحتة ورغبته الجارفة في استنتاج سنن الطبيعة من محض المعادلات الرياضية .

●

وهذا الايمان الشديد بالرياضة ناجم عن عقيدته بان العقل يشيع في الطبيعة . فهو يعتقد بنوع من العقل الكوني وبنظام سابق يسود في الطبيعة . ووظيفة الرياضيات هي ان تعمد الى اكتشافه . ويقول في ذلك : « ... بدون الاعتقاد الجازم بالنظام الباطن الذي يسود عالمنا لما قامت للعلم قائمة . فهذا الاعتقاد هو الدافع الرئيسي لكل خلق علمي وسيظل كذلك إلى الابد »

ويقول في موضع آخر : «من الواضح ان كل بحث علمي دقيق يقوم على عقيدة مشابهة للشعور الديني مؤدها ان العالم مؤسس على العقل ومن الممكن فهمه » .

●

ويطغي عليه هذا الشعور حتى ليحس فيه موسيقى الكون : يقول : « ان اجمل انفعال يمكن ان تهتزله نفوسنا هو الانفعال الصوفي . فهو اصل كل فن ، وكل حق . فمن ينعدم فيه هذا الشعور ولا تجد الدهشة سبيلاً الى نفسه ويحيا هلوعا جزوعا - ان هذا ميت والسلام . ان معرفة ان ما لا ندركه موجود حقاً ، ويتجلىّ حكمة ً واي حكمة ،وجمالاً واي جمال ! فلا ترى منه ملكاتنا الفقيرة غير اشد صورة فجاجة — اقول هذه المعرفة ، ان هذا الشعور هما محور الشعور الديني الصحيح . فبهذا المعنى ، وبهذا المعنى وحده ، اضع نفسي في مصاف الرجال المتدينين تديناً عميقاً »

ويرى آنشتين ان هذه التجربة الصوفية تبلغ القمة لدى علماء الطبيعة ، لا سيما العاملين منهم في حقل الفزياء والرياضة . وهذا هو منشأ ما يسميه آنشتين بـ «الديانة الكونية » وهو يرى «أن التجربة الدينية الكونيـــة اشرف تجربة واقواها ، وهي تنبثق من البحث العلمي العميق » .

«اي ايمان عميق بالعقل الذي يتخلل هذا الكون ، لدى رجل مثل كبــلر او نيوتن !! » .

●

وليس معنى هذه التصريحات ان آنشتين من دعاة التوفيق بين الدين والعلم كما قد تبادر الى اذهان الكثيرين. فهو لا يشع مطلقاً موجة التفسير الديني للفزياء الحديثة ، تلك الموجة التي اخذت تتفاقم آثارها في اوساط بعض العلماء الشبيهين ممن هم على غرار جينز وأدنغتون .

فالدين في نظر آنشتين هو الاحساس الصوفي بنواميس الكون ، مضافاً اليه شعور الإلزام الخلقي نحو اخواننا . وهو لا يقيم اي وزن للشكليات والمراسيم الدينية . وعندما كان يستعمل كلمة « الله » لم يكن يستعملها بالمعنى الديني ، بل كطريقة من طرق التعبير .ومع هذا فهو يرى ان الاعتقاد بإله متشخص يتدخل في ظواهر الطبية امر لا يمكن نقضه علمياً . فما اوتينا من العلم الا قليلاً .

●

وفي رأينا ان هـــذا التناقض في شخصية آنشتين الفلسفية منشؤه تناقض عصره . وفي الحقيقة ان آنشتين ليس له فلسفة خاصة خارج نظريته النسبية . فهو يردد فلسفة الحقبة التي تمر في مفترق الطرق . وهو اذ كان يُمثل قمة الفزياء

المعاصرة وكانت هـــذه الفزياء تتمخض نتائجها بشق التفسيرات الفلسفية التي يناقض بعضها بعضاً ، كان من الطبيعي ان تلتقي في نفسه جميع التيـــارات المتعارضة ، دون ان يكون له من الجرأة ما يشجعه على ان يتخذ منها موقفاً معيناً بالذات .

فمن جهة يرى ان اصنام الفلسفة القديمة تتحطم الواحدة بعـد الاخرى . ومن جهة ثانية يشعر بالحنين الى هذه الاصنام ويهفو قلبه اليها . فالمادة بمناها المتداول قد تبخرت واصبحت لا مادية . وتزعزعت الثقة بالحتمية والعليـــة (السببية) وبصرامة القانون الطبيعي . وفقد العلم خاصتين مُميزتين له وهما اليقين والاطلاق ، وحل محلها الاحتمال والتقريب والنسبية . وثبت ان الانسان يؤثر في الظواهر التي يدرسها ويُضفي عليها كثيراً منه ، وامحّت الحقيقـة او كادت من قاموس العلم ، وظهر ان الانسان هو صانع حقيقته . وبعبارة اخرى ان العلم سائر طوعاً او كرهاً في طريق المثالية ، لانه يُحيل الى الذات قسطاً كبيراً من الظواهر التي يدرسها [1] . فيقف آنشتين بازاء ذلك كله ، ويجتذبـه القديم والحديث ، ولا خيار له في الأمر . فيتهمه المرجفون بالمثالية كأنما قد أتى امراً إدّاً ، وكأنما جاء ببدعة جديدة منقطعة الصلة بعصرها ، وكأن هـؤلاء المرجفين أغيَرُ على الكون من الكون ، فيهبّون لتصحيحه كلما بدا منه مـا يُشعر بالمثالية ، والدفاعِ عنه ، والتنديد بكل من يسلبه موضوعيته . وستبوء محاولاتهم بالخذلان ، لأن الكون سيظل دائماً كون الانسان ، ولن يغض ذلك من قدره او يغمطه حقه ، بل فيه تشريف له واعلاء لشأنه وتعميق لوجوده .

ان الانسان هو مكتشف هذا الكون ، وهو وحده الذي يروده بفكره . ان حياته ومضة ، ليست شيئاً في عمر الزمن . ولكن هذه الومضـــة هي سر

---

(١) سنبحث كل مسألة من هذه بالتفصيل في أعدادنا القادمة .

الوجود . فلولاها لساد الظلام كل شيء ، ولما كان للوجود معنى او روعـــة ، ولظل كومة من الحجارة تقذف بالحمم واللظى . فمتى كانت الحجـــارة نداً للانسان ! فحسب الانسان انه بطل هذه الرواية ، وانه هو الذي يغني انشودة الجبال ويعزف موسيقى الخير ويحمل مشعل النور .

فليُرحم المرُجفون ، ولتضمن القافلة ...

طرابلس – لبنان

محمد عبد الرحمن مرحبا

ماهي نظرية النسبية

تألف

لانـــداو وروم

الباب الأول

النسبية التي تعودنا عليها

هل لكل عبارة معنى ؟

من الواضح لا، حتى اذا أخذنا كلمات ذات معنى وبطناها ببعضها مع مراعاة قواعد النحو مراعاة تامة فإننا قد لا نحصل إلا على هراء ، فمن الصعب مثلاً إضفاء أي معنى على العبارة الآتية « هذه المياه مثلثة » .

ولكن للأسف ليس كل هراء على هذه الدرجة من الوضوح ، وكثيراً ما تبدو العبارة للوهلة الأولى في منتهى المعقولية ولكن مع التحليل الدقيق يتضح أنها بالغة حد السخف .

اليمين واليسار

على أي جانب من الطريق ـ على اليمين إم على اليسار ـ يقع البيت ؟ الإجابة المباشرة على هذا السؤال مستحيلة .

لو نمشي من القنطرة إلى الغابة فإن البيت سيقع على اليسار ، ولو مشينا بالعكس من الغابة إلى القنطرة فإنه سيقع على اليمين . فمن الواضح انه لا يمكن

التحدث عن الجانب الايمن أو الأيسر لطريق دون أن نأخذ في الاعتبار الاتجاه الذي نعين بالنسبة له اليمين واليسار .

أما التحدث عن الشاطىء الأيمن لنهر فذو معنى ، فقط ، لأن تيار الماء في النهر يحدد اتجاهــه ، بالمثل ، فالقول بأن السيارات تتحرك على اليمين ممكن ، فقط لأن حركة السيارات تفرد أحد اتجاهي الطريق [1] .

بهذا فان مفهومي « يميناً » و « يساراً » مفهومان نسبيان ، يأخذان معنى فقط بعد توضيح الاتجاه الذى نعينهما بالنسبة له .

الآن ، نهار ام ليل ؟

الاجابة تعتمد على المكان المعطى فيه السؤال ، عندما يكون في البلاد العربية نهار ففي اميركا مثلاً ليل ، ولا يوجد هنا أي تعارض فبباسطة النهار والليل مفهومان نسبيان ، ولا تمكن الاجابة على السؤال المطروح دون أن نوضح بالنسبة لأية نقطة على سطح الكرة الأرضية يجري الحديث .

من اكبر ؟

والحديث عن الأبعاد الزاوية للأشياء غير ذي معنى ما لم نوضح من أية نقطة في الفراغ تجرى المشاهدة ، فمثلاً ، أن نقول أن زاوية إبصار هذا البرج [2] ٤٥ . يعني بالضبط أننا لم نقل شيئاً ولكن على العكس ، القــول بأن زاوية إبصار البرج من نقطة تبعد عنه ١٥ متراً هي ٤٥ درجه هو قول ذو معنى ، من هذا القول ينتج مثلاً أن ارتفاع البرج يساوي ١٥ متراً .

---

(١) أي أننا في هذه الحالة نعين اليمين واليسار بالنسبة الى اتجاه حركة السيارات .
(٢) زاوية ابصار البرج هي ابصار أعلى نقطة فيه .

النسبي يبدو مطلقاً

لو أزيحت نقطة الرصد إزاحة صغيرة فان الأبعاد الزاوية تتغير أيضاً تغيراً طفيفاً ، لذلك فان القياس الزاوي يستخدم عادة في الفلـــك ، فتوضح على الخريطة النجمية المسافات الزاوية بين النجوم أي زوايا إبصـــار المسافات التي تفصل بين النجوم المختلفة اذا رصدت من على سطح الارض .

والمعروف أننا لمهما تحركنا على سطح الأرض ، ومن أية نقطة على الكرة الارضية رصدنا النجوم فاننا سنرى دائماً أن المسافات التي تفصلها بعضها عــن البعض الآخر هي هي ، هـــذا يفسر بأن النجوم تفصلها عنا مسافات شاسعة يصعب تخيلها ، يكون انتقالنا على سطح الارض بالمقارنة بها غير محسوس بحيث يمكن إهماله ، لذلك ، فالمسافات الزاوية في هذه الحالة يمكن اعتبارها قياسات مطلقة .

ولكن مع دوران الأرض حول الشمس فان التغير في هذه القياسات يصبح ملحوظاً رغم أنه يظل ضئيلاً . أما إذا نقلنا نقطة الرصد إلى أي من النجوم ، « سيريوس » مثلاً ، فان كل هـــذه القياسات الزاوية تتغير بشكل يمكن معه أن يصبح النجمان البعيدان أحدهما عن الآخر في سمائنـــا قريبين وبالعكس .

وبدا المطلق نسبيا

كثيراً ما نقول : أعلى ، أسفل ، هل هـــذان المفهومان مطلقان أم نسبيان ؟

لقد أجاب الناس على هذ السؤال في العصور المختلفة إجابات مختلفة ، عندما لم يعرفوا بعد أي شيء عن كروية الأرض ، وتخيلوها مستوية كالرقاقـــة ،

اعتبروا الاتجاه الرأسي في جميع نقط سطح الارض هو هو وأنه من الطبيعي جداً الحديث عن الـ (أعلى) المطلق و الـ (أسفل) المطلق .

ولكن الاتجاه الرأسي اهتز في وعي الناس عندما أكتشفت كروية الارض .

في الواقع ، مع الشكل الكروي للأرض يعتمد الاتجاه الرأسي اعتماداً أساسياً على موضع النقطة التي يمر بها .

ففي نقط سطح الارض نعنيه ، فان هذا المفهوم قد تحول من المطلق إلى النسبي . وفي الكون لا يوجد اتجاه ما رأسي منفرد ، لذلك فلأي اتجاه في الفراغ يمكن تعيين نقطة على سطح الارض ، يكون عندها هذا الاتجاه رأسياً

« العرف » يحاول ان يحتج

كل هذا يبدو لنا الآن واضحاً ولا يثير أي شك ولو أن التاريخ يشهد على أن البشرية لم تفهم نسبية الـ (أعلى) و الـ (أسفل ، ... "سهولة .
فالناس يميلون لاعتبار المفاهيم مطلقة ما لم تكن نسبيتها واضحة من الخبرة اليومية (كما في حالة « على اليمين » و « على اليسار ») ولنتذكر الإعتراض المضحك على كروية الارض الذي كان سائداً في العصور الوسطى : وكيف اذن سيمشي الناس ورؤوسهم إلى أسفل ؟

وخطأ هذه الحجة في أنها لا تعترف بنسبية الاتجاه الرأسي المنبثقة عن كروية الارض .

أما اذا لم نعترف بمبدأ نسبية الاتجاه الرأسي واعتبرنا الاتجاه في موسكو

مثلاً ، مطلقاً [1] ، فان سكان نيوزيلندة بلا شك يمشون ورؤوسهم إلى أسفل . ولكن إذا كان الامر كذلك فيجب ألا ننسى أن سكان موسكو بالنخبة للنيوزيلنديين بدورهم ، يمشون رؤوسهم إلى أسفل ، ولا يوجد هنا أي تعارض ما دام الاتجاه الرأسي في الحقيقة مفهوم نسبي وليس مطلقاً .

ونلاحظ أننا نبدأ في الاحساس عملياً بنسبية الاتجاه الرأسي عندما نعتبر جزئين من سطح الأرض بعيدين أحدهما عن الآخر بمدأ كافياً كموسكو ونيوزيلندة مثلاً ، أما إذا اعتبرنا جزئين قريبين ، منزلين في القاهرة مثلاً ، فاننا عملياً يمكن أن الاتجاهين الرأسيين متوازيين ، أي نعتبر الاتجاه الرأسي مطلقاً .

وفقط عندما يجري الحديث عن اجزاء يمكن مقارنة مساحتها مع المساحة الكلية لسطح الأرض فان محاولة إستخدام المفهوم المطلق عن الاتجاه الرأسي تؤدي إلى سخافات وتناقضات .

الأمثلة التي بحثناها توضح أن كثيراً من المفاهيم التي نستخدمها إنما هي مفاهيم نسبية أي أنها تغدو ذات معنى فقط ، عندما نوضح الشروط التي تجري تحتها المشاهدة .

---

(١) أي اعتبرنا ان الاتجاه الرأسي في أي مكان يوازي الاتجاه الرأسي في موسكو .

البــــاب الثاني

الفراغ نسبي

نفس المكان ، أم لا ؟

غالباً ما نقول أن حادثتين ما وقعتا في نفس المكان ، واعتدنا أن نقصد بهذا القول معنى مطلقاً ، ولكنه في الواقع يعني أننا لم نوضح شيئاً ، بالضبط كما لو قلنا : « الآن الساعة الخامسة » دون أن نوضح إين على وجه التحديد ، في موسكو أم في شيكاغو .

لنفهم هذا نفترض أن مسافرتين بالقطـــار السريع حلب – بيروت إتفقتا على أن تلتقيا كل يوم في نفس المكان من إحدى عربات القطار وتكتب كل منهما خطاباً إلى زوجها ، على أغلب الظن لن يوافق الزوجان على أن زوجتيهما تلتقيان في نفس المكان ، على العكس إن عندهما كل الحق في التأكيد بأن أماكن الالتقاء هذه يبعد أحدها عن الآخر مئات الكيلو مترات فهما قد تسلما خطابين من بيروت وخطابين من بغداد وآخرين من القاهرة وغيرهما من حلب وكذلك من الاردن والكويت .

وهكذا فان حادثتين – كتابة الخطابات في اليوم الاول واليوم الثاني من

أيام الرحلة – وقعتا في مكان واحد من وجهة نظر المسافرتين (في نفس المكان من نفس عربة القطار) أما من وجهة نظر زوجيهما فان مكان حدوث إحداهما يبعد عن مكان حدوث الآخر مئات الكيلو مترات .

أيهما على صواب ؟ المسافرتان أم زوجاهما ؟ ليس لدينا ما يبرر تفضيل أي من وجهتي النظر على الأخرى . لذا يتضح أن مفهوم « في نفس المكان » ذو معنى نسبي فقط .

مثل هذا ، القول بأن نجمين ينطبقان في السماء يكتسب معنى فقط ، لأننا نوضح أن الرصد يجري من على سطح الارض . اذن فالقول بأن حادثتين قد انطبقتا في الفراغ [1] ممكن فقط عندما نوضح بالنسبة لاي جسم نعين موقع هاتين الحادثتين .

وهكذا فمهوم الموضع في الفراغ مفهوم نسبي أيضاً ، وعندما نتكلم عن موضع جسم في الفراغ فاننا دائماً نعني موضعه بالنسبة لاجسام أخرى . أما إذا طلبت الاجابة من سؤال : – أين يوجد هذا الجسم أو ذاك ؟ – دون الاشارة الى أجسام أخرى ، فاننا يجب أن نعترف بأن مثل هذا السؤال ينقصه المعنى .

كيف يتحرك الجسم في الواقع ؟

من السابق ينتج أن مفهوم « انتقال جسم في الفراغ » مفهوم نسبي أيضاً ، لاننا اذا قلنا أن جسماً انتقل ، فان هذا يعني فقط أنه غير موضعه بالنسبة الى أجسام أخرى .

---

(١) حدثتا في نفس المكان

واذا شاهدنا حركة جسم من مختبرات تتحرك بعضها بالنسبة لبعض فان حركة هذا الجسم ستبدو بأشكال مختلفة تماماً .

ولنأخذ مثلاً ، نرمي بحجر من طائرة وهي تطير . بالنسبة للطائرة سيسقط الحجر في خط مستقيم أما بالنسبة لمشاهد على سطح الارض فان الحجر سيرسم منحنى يعرف بالقطع المكافيء .

ولكن كيف يتحرك الحجر في الحقيقة ؟

ان لهذا السؤال من ضآلة المعنى ما للسؤال عن ما هي زاوية ابصار القمر في الحقيقة ، هل هي زاوية ابصاره عندما ترصده من الشمس ام من الارض ؟

فالشكل الهندسي للمنحنى الذي يتحرك عليه جسم ذو صفة نسبية كالصور الفوتوغرافية لمبنى ما ، إذا صورناه من الامام ومن الخلف سنحصل على صور مختلفة ، كذلك إذا شاهدنا حركة الجسم من مختبرات مختلفة فاننا سنحصل على المنحنيات المختلفة لحركته .

هل كل وجهات النظر متكافئة ؟

لو انحصر اهتمامنا عند متابعة حركة جسم في الفراغ في دراسة شكل أي من منحنيات حركته لتحدد اختيارنا لمكان الرصد انطلاقاً من أننا نضع في اعتبارنا الحصول على أسهل وأنسب صورة .

والمصور الماهر عندما يختار زاوية للتصوير يحرص على جمال الصورة المقبلة وعلى تناسقها .

ولكن عند دراسة حركة الاجسام في الفراغ فان اهتمامنا يتعدى ذلك ،

إننا لا نريد فقط أن نعرف المسار (هكذا يسمى المنحنى الذي يتحرك عليه الجسم) ولكن أيضاً أن نستطيع التنبؤ بالمسار الذي سيتحرك عليه الجسم ، وبكلمات أخرى فاننا نريد أن نعرف القوانين المنظمة للحركة ، القوانين التي تجبر الجسم على أن يتحرك بهذا الشكل بالذات وليس بشكل آخر .

لنتناول مسألة نسبية للحركة من وجهة النظر هذه وسيتضح أن المواضع المختلفة في الفراغ ليست كلها متكافئة .

إذا ذهبنا إلى المصور لعمل صور فوتوغرافية للبطاقة الشخصية ، فمن الطبيعي أن نرغب في أن يصورنا من الوجه وليس من القفا ، بهذه الرغبة بالذات ستتحدد نقطة الفراغ يجب على المصور أن يلتقط منها ، وإننا لنعترف بأن أي موضع آخر غير هذه النقطة لن يحقق الغرض بالشرط المطلوب .

وجد السكون !

تؤثر على حركة الأجسام مؤثرات خارجية تسمى بالقوى ودراسة تأثير هذه القوى تساعدنا على تناول مسألة الحركة بشكل آخر .

لنفترض أنه لدينا جسم لا تؤثر عليه أية قوى ، سيتحرك الجسم بأشكال مختلفة على درجة كبيرة أو صغيرة من الغرابة حسب المكان الذي سنرصده منه ولو أنه من الصعب ألا نعترف بأن أكثر أمكنة الرصد ملاءمة هو المكان الذي يبدو منه الجسم ساكناً .

بهذا يمكننا الآن أن نعطي للسكون تعريفاً جديداً لا يعتمد على حركة الجسم المعطى بالنسبة لاجسام أخرى ، وهكذا فالجسم الذي لا تؤثر عليه أية قوى خارجية يوجد في حالة سكون .

المختبر الساكن

كيف نحصل على حالة سكون ؟ متى نستطيع التأكد من أنه لا تؤثر على جسم ما أية قوى ؟

الأمر واضح ، يجب أن نبعد الجسم بعيداً عن أية أجسام يمكن أن تؤثر عليه .

من مثل هذه الاجسام الساكنة يمكننا ولو نظرياً تكوين مختبر كامل ومن ثم الحديث عن خواص الحركة المشاهدة من هذا المختبر الذي نسميه مختبراً ساكناً .

وإذا اختلفت خواص الحركة المشاهدة في مختبر آخر عن خواصها في المختبر الساكن ، فلنا كل الحق أن نؤكد أن المختبر الاول يتحرك .

هل يتحرك القطار ؟

بعد أن وضحنا أن الحركة تخضع في المختبرات المتحركة لقوانين تختلف عن تلك التي تحكمها في المختبرات الساكنة ، ربما هيىء لنا أن مفهوم الحركة قد فقد صفته النسبية لاننا من الآن فصاعداً عندما نتحدث عن الحركة يجب أن نعني فقط الحركة بالنسبة للسكون ونسميها بالحركة المطلقة .

ولكن هل سنشاهد بالضرورة ، عند أية إزاحة لمختبر ما ، حيوداً عن قوانين الحركة في المختبر الساكن ؟

لنركب قطاراً متحركاً بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم ولنبدأ في ملاحظة الحركة في إحدى عربات القطار ومقارنتها بتلك التي تحدث في قطار غير متحرك .

إن الخبرة اليومية تشير إلى اننا في مثل هذا القطار المتحرك في خط مستقيم وبسرعة منتظمة لن نلاحظ أي حيود أو اختلاف عن الحركة في قطار غير متحرك ، فالكل يعلم أن الكرة المقذوفة رأسياً إلى أعلى في قطـــار متحرك تسقط مرة ثانية في أيدينا ولا ترسم منحنى .

واذا صرفنا النظر عن اهتزاز عربات القطار الذي لا يمكن تلافيه لإعتبارات تكنيكية فكل شيء في القطار المتحرك بسرعة ثابتة يحدث كما في القطـار الساكن .

ولكن الأمر يختلف إذا أبطأ القطار أو أسرع من حركته . في الحالة الاولى نعاني دفعة إلى الامام وفي الثانية إلى الخلف ونحس بوضوح بإختلاف عن حالة السكون .

كذلك اذا غير القطار المتحرك بسرعة ثابتة إتجـــاه حركته فاننا سنحس بذلك ، فمع الإنعطاف المفاجيء إلى اليمين سيطوح بنا إلى اليمين .

إذا عممنا هذه المشاهدات نصل إلى النتيجة الاتية : —

لا يمكن أن نشاهد في مختبر مـا أي اختلاف عن سلوك الاجسام في مختبر ساكن ، طالما كان هذا المختبر يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة للمختبر الساكن . ولكن بمجرد أن تتغير سرعة المختبر المتحرك في المقـــدار (التعجيل أو التقصير) أو في الإتجاه (الإنعطاف) فان هذا ينعكس من فوره على سلوك الأجسام الموجودة فيه .

وفقد السكون نهائياً

إن الخاصة العجيبة لحركة مختبر بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم أي عدم

تأثيرها على سلوك الاجسام الموجودة فيه لتجبرنا على إعادة النظر في مفهـوم السكون . يبدو أن حالة السكون وحالة الحركة المنتظمة في خـط مستقيم لا تتميز إحداهما عن الأخرى إطلاقاً . والمختبر الذي يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم بالنسبة لمختبر ساكن يمكن أن نعتبره هو نفسه ساكناً . هذا يعني أنه لا يوجد فقط سكون — مطلق — واحد ولكن يوجد عـدد لا يحصى من حالات السكون ، لا يوجد مختبر « ساكن » واحد فقط ولكن يوجد عـدد لا يحصى من المختبرات « الساكنة » والتي تتحرك بعضهـا بالنسبة لبعض حركة منتظمة وفي خط مستقيم بسرعات مختلفة .

إذاً وحيث قد ظهر أن الكون ليس مفهوماً مطلقاً ولكن نسبياً يجب علينا دائماً أن نوضح بالنسبة لأي مختبر من هذا العدد اللانهائي من المختبرات المتحركة بعضها بالنسبة لبعض نشاهد الحركة .

وهكذا فلم يحالفنا النجـــاح حتى الان في جعل مفهوم الحركة مفهوماً مطلقاً .

ودائماً يظل السؤال الآتي مطروحاً : — بالنسبة لأي « سكون » نشاهد الحركة ؟

وهكذا فقد توصلنا إلى قانون من أهم قوانين الطبيعة الذي يعرف عـــادة بمبدأ نسبية الحركة .

هذا القانون هو :

تخضع حركة الأجسام في كل المختبرات التي تتحرك بعضها بالنسبة لبعض بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم لقوانين واحدة .

قانون القصور الذاتي

من مبدأ نسبية الحركة ينتج أن الجسم الذي لا تؤثر عليه أية قوى خارجية يمكنه أن يوجد ليس فقط في حالة سكون ولكن أيضاً في حالة حركة منتظمة وفي خط مستقيم ، هذه القاعدة في الفيزياء تسمى بقانون القصور الذاتي .

غير أن هذا القانون يبدو كما لو كان محجباً ولا يفصح عن نفسه مباشرة في الحياة اليومية . فحسب قانون القصور الذاتي يجب أن يستمر الجسم الموجود في حالة حركة منتظمة وفي خط مستقيم في حركته هذه إلى ما لا نهاية اذا لم تؤثر عليه أية قوى خارجية ، ولكننا من مشاهداتنا نعرف أن الجسم الذي لا تؤثر عليه بقوة ما يتوقف عن الحركة .

إن السبب هنا يتلخص في أن كل الأجسام توجد تحت تأثير بعض القوى الخارجية – قوى الاحتكاك – وبذلك ينتفي الشرط الضروري لملاحظة قانون القصور الذاتي – شرط عدم وجود القوى الخارجية المؤثرة على الجسم – ولكن مع تحسين ظروف التجربة بتقليل قوى الاحتكاك يمكننا أن نقترب من الشروط المثالية الضرورية لملاحظة قانون القصور الذاتي مبرهنين بذلك على صحة هذا القانون حتى للحركة المشاهدة في الحياة اليومية .

ان إكتشاف مبدأ نسبية الحركة واحد من الاكتشافات العظمى وبدونه لاستحال تطوير الفيزياء ونحن مدينون بهذا الكشف لعبقرية جاليليو . ولقد وقف جاليليو بشجاعة ضد تعاليم أرسطو التي كانت سائدة في ذلك العصر والتي كان يدعمها نفوذ الكنيسة الكاثوليكية ، تلك التعاليم التي كانت تقول بأن الحركة ممكنة فقط مع وجود قوة وأنها تتوقف حتما بدونها . أوضح جاليليو بسلسلة من التجارب الرائعة أن سبب توقف الاجسام المتحركة هو

بالعكس وجود قوة الاحتكاك ولو لم تكن هذه القوة لتحركت الاجسام التي تدفع إلى الحركة مرة ، حركة أبدية .

والسرعة ايضاً نسبية ؟

من مبدأ نسبية الحركة ينتج ان الحديث عن حركة جسم منتظمة وفي خط مستقيم بسرعة معينة دون الاشارة بالنسبة لأي المختبرات الساكنة نقيس هذه السرعة يحتوي من المعنى على قدر يعادل في ضآلته ذلـــك القدر الذي يحتويه الحديث عن الطول الجغرافي دون أن نحدد مسبقاً من أي خط طـــول نبدأ القياس .

يتضح إذاً أن السرعة ايضاً مفهوم نسبي . وإذا عينا سرعة جسم واحـد بالنسبة إلى مختبرات مختلفة فاننا سنحصل على نتائج مختلفة ، ولكن مع هـذا فان لأي تغير في السرعة سواء كان تزايداً او تقصيراً او تغيراً في الإتجاه معنى مطلقاً ولا يعتمد على اي المختبرات الساكنة نشاهد منها الحركة .

الباب الثالث

تراجيديا الضوء

الضوء لا ينتشر فجأة

لقد تأكدنا من صحة مبدأ نسبية الحركة ومن وجود مجموعة لا نهائية من المختبرات الساكنة ، وقوانين الحركة في هذه الأخيرة لا تختلف من مختبر لآخر. ولو أنه يوجد نوع من الحركة يتناقض للوهلة الأولى مع المبدأ الموضح سابقاً ، هذا النوع من الحركة هو انتشار الضوء .

إن الضوء لا ينتشر فجأة ولو أنه ينتشر بسرعة — ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية .

إننا لا يمكننا أن نعقل مثل هذه السرعة الضخمة لأننا في حياتنا اليومية نتعامل مع سرعات أقل من ذلك بما لا يقاس . فحتى سرعة صاروخ كوني سوفييتي مثلاً وصلت ١٢ كيلومتراً في الثانية فقط ، والأرض في حركتها حول الشمس هي الجسم الأكثر سرعة من كل الأجسام التي نتعامل معها ، ولكن سرعة الأرض ٣٠ كم / ثانية لا غير .

هل يمكن تغيير سرعة الضوء ؟

إن سرعة الضوء الضخمة بحد ذاتها لا تبدو شيئاً مغرقاً في الغرابة ولكن المدهش حقاً هو أنها تمتاز بثبات قاطع .

اننا يمكننا دائماً بطرق مختلفة أن نهدىء أو نعجل من سرعة أي جسم ، حتى الرصاصة ، نضع في طريق الرصاصة المنطلقة كيساً من الرمل فتفقد جزء من سرعتها أثناء إختراقها للكيس وتخرج بسرعة أقل .

ولكن الأمر مع الضوء يختلف كليه ، ففي الوقت الذي تعتمد فيه سرعة الرصاصة على تركيب السلاح الذي أطلقها وعلى طبيعة البارود في الطلقة ، لا تعتمد سرعة الضوء على مصدره فهي واحدة مهما كان المصدر .

والآن لنضع في طريق الشعاع الضوئي متوازي مستطيلات زجاجي ، ولأن سرعة الضوء في الزجاج أقل منها في الفراغ ، فعند مرور شعاع الضوء في متوازي المستطيلات تقل سرعته ولكن ما إن يخرج منه حتى يعاود انتشاره بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

فانتشار الضوء في الفراغ على خلاف كل أنواع الحركة الأخرى يمتاز بخاصية على درجة قصوى من الأهمية وهي أنه لا يمكن إبطاؤه أو تعجيله . ومهما حدث من تغير للشعاع في المادة فبخروجه للفراغ يبدأ في الانتشار بالسرعة السابقة .

الصوت والضوء

انتشار الضوء بهذه الخاصية لا يشبه حركة الأجسام المادية ولكن يشبه

ظاهرة انتشار الصوت . فالصوت عبارة عن حركة اهتزازية لجزئيات الوسط الذي ينتقل فيه ، ولذلك فإن سرعته تتحدد بخواص الوسط وليس بخواص الجسم مصدر الصوت . وسرعة الصوت مثلها مثل سرعة الضوء لا يمكن إنقاصها او زيادتها حتى ولا بإمرار الصوت خلال جسم ما .

فإذا وضعنا في طريق انتشار الصوت حاجزاً معدنياً مثلاً فان الصوت يغير من سرعته في المعدن ولكنه يكتسب سرعته الابتدائية ما أن يعود إلى الوسط الأول .

والآن ، لنضع في مخلخلة الهواء مصباحاً وجرساً كهربائيين ثم نبدأ في سحب الهواء . سيضعف صوت الجرس حتى يصبح غير مسموع بالمرة أما المصباح فيستمر في الإضاءة كالسابق .

هذه التجربة توضح أن الصوت يمكنه الانتشار في وسط مادي فقط بينما الانتشار في الفراغ فضلاً عن بعض الأوساط المادية .

وفي هذا يكمن الفرق الأساسي بينهما .

مبدأ نسبية الحركة يبدو مزعزعاً

لقد أدت سرعة الضوء في الفراغ - الهائلة ولكن المحدودة - أدت إلى تناقض مع مبدأ نسبية الحركة .

لنتخيل قطاراً متحركاً بسرعة ضخمة - ٢٤٠٠٠٠ كم / ثانية ، لنجلس في أول القطار وليضيء في آخره مصباح ، ولنفكر كيف ستكون نتائج قياس الزمن اللازم للضوء كي يقطع المسافة من إحدى نهايتي القطار إلى النهاية الأخرى .

هذا الزمن على ما يبدو سيختلف عن ذلك الذي نحصل عليه في قطار ساكن . في الواقع ، بالنسبة لقطار متحرك بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كم/ثانية ، كانت سرعة الضوء يجب أن تكون (إلى الامام في اتجاه القطار) ٣٠٠٠٠٠ — ٢٤٠٠٠٠ = ٦٠٠٠٠ كم/ثانية فقط والضوء كما لو كان يلاحق الحائط الامامي لمقدمة القطار الذي يهرب منه . ولو وضعنا المصباح في مقدمة القطار وقسنا الزمن اللازم للضوء كي يصل إلى العربة الاخيرة فان سرعة الضوء في عكس اتجاه حركة القطار كانت يجب أن تكون ٢٤٠٠٠ + ٣٠٠٠٠٠ = ٥٤٠٠٠٠ كم/ثانية (الضوء ومؤخرة القطار يتحركان لملاقاة احدهما الآخر) .

وهكذا ينتج أن الضوء في القطار المتحرك كان يجب أن ينتشر في الاتجاهات المختلفة بسرعات مختلفة بينما ينتشر الضوء في القطار غير المتحرك بسرعات متساوية في كلا الاتجاهين .

أما بالنسبة للرصاصة فالامر يختلف كل الاختلاف . فسواء أطلقناها في اتجاه حركة القطار أو في الاتجاه العكسي ستكون سرعتها بالنسبة لجدران العربة دائماً هي هي ومساوية لسرعتها لو أطلقناها في قطار غير متحرك .

والسبب هو ان سرعة الرصاصة تعتمد على سرعة السلاح الذي تنطلق منه . اما سرعة الضوء فإنها لا تتغير بتغير سرعة المصباح كما ذكرنا .

كل هذا كما لو كان يبرز بوضوح ان ظاهرة انتشار الضوء تتناقض تناقضاً حاداً مع مبدأ نسبية الحركة ، فبينما تطير الرصاصة في القطار الساكن كما في القطار المتحرك بنفس السرعة بالنسبة لجدران القطار نجد أن الضوء في القطار المتحرك بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كم/ثانية كان يجب ان ينتشر في أحد الاتجاهات بسرعة اقل بخمس مرات وفي الاتجاه الآخر بسرعة أكبر بـ ١,٨ مرة من سرعته في القطار الساكن .

وبذلك فان دراسة انتشار الضوء كانت يجب أن توفر إمكانية تحديد السرعة المطلقة للقطار .

كذلك يلوح أمل ، الا يمكن بدراسة ظاهرة انتشار الضوء تحديد مفهوم للسكون المطلق ؟

فالمختبر الذي ينتشر فيه الضوء في كل الاتجاهات بنفس السرعة التي تساوي ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية سيمكننا تسميته مختبراً ساكناً وفي اي مختبراً ساكناً وفي اي مختبر آخر يتحرك بالنسبة له بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم كانت سرعة الضوء يجب ان تختلف في الاتجاهات المختلفة وفي هذه الحالة لا توجد لا نسبية الحركة ولا نسبية السرعة ولا نسبية الكون على عكس ما قررنا من قبل .

الأثير الكوني

كيف يمكن فهم الامور التي عرضناها سابقاً ؟ لقد أتى على علماء الفزياء وقت استفادوا فيه من التشابه بين ظاهرتي انتشار الصوت والضوء وقياساً على الصوت افترضوا وجود وسط خاص سينتشر فيه الضوء كما ينتشر الصوت في الضوء كما ينتشر الصوت في الهواء وسموه بالاثير ، كذلك افترضوا ان اي جسم اثناء حركته خلال الاثير لا يجره معه كالقفص المنصوص من قضبان متناهية الدقة لا يجر الماء معه اثناء حركته فيه .

فاذا كان قطارنا لا يتحرك بالنسبة للأثير فان الضوء سينتشر فيه بنفس السرعة في الاتجاهات المختلفة ، وحركة القطار بالنسبة للأثير سيدل عليها في التو اختلاف سرعة انتشار الضوء في الاتجاهات المختلفة .

ولكن فرض الاثير – وذلك الوسط الذي تظهر اهتزازاته في صورة

الضوء – يثير من الاسئلة ما لا حل لها . ففي المحل الاول نجد بوضوح أن الفرض في حد ذاته مفتعل جداً . في الواقع ، نحن نستطيع دراسة خواص الهواء ليس فقط بملاحظة انتشار الصوت فيه ولكن ايضاً باستخدام طرق البحث الكيميائية والفيزيائية المتعددة اما الاثير ، والحكمة خافية ، فلا يلعب اي دور في اكثر الظواهر . كذلك فلكثافة الهواء وضغطه في متناول ابعد المقاسات عن الدقة في الوقت الذي انتهت فيه كل المحاولات الرامية الى معرفة اي شيء عن كثافة الأثير او ضغطه الى الفشل الكامل .

تكون اذن وضع غير معقول .

يمكن طبعا «تفسير»ظاهرة الطبيعة من اية ظواهر افتراض وجود سائل معين له من الخواص ما هو ضروري لتفسير هذه الظاهرة ولكن النظرية الحقيقة لتفسير ظاهرة ماتختلف عن مجرد اعادة صياغة الحقائق المعروفة بلغة العلماء ، بأنه ينتج منها اكثر بكثير مما تعطي الحقائق التي بنيت عليها النظرية . فمهوم الذرة مثلاً انتشر في العلم انطلاقاً من مسائل الكيمياء ولو ان معرفتنا عن الذرة وفرت لنا امكانية تفسير كثير من الظواهر التي لا علاقة لها اطلاقاً بالكيمياء وكذلك بالتنبؤ بعدد هائل منها .

اما افتراض الأثير فنحن في حل من تشبيه بالتفسير الذي اعطاه رجل بدائي عندماسمع الجرامفون بافتراضه وجود «روح جرامفونية» بداخل هذا الصندوق العجيب .

مثل هذه التفسيرات تكافىء بالطبع عدم تفسير اي شيء .

ولقد مر علماء الفيزياء قبل افتراض الأثير بتجارب مرة من هذا النوع ، ففي وقت من الأوقات «فسروا» ظاهرة الاحتراق بخواص سائل خاص عرفوه

باسم الفلوجستين والظواهر الحرارية بخواص سائل اخر سموه بأصل الحرارة ، وفي هذا المقام يمكن ان نقول ان كلا هذين السائلين كالأثير امتاز بالغموض المطلق .

تكون وضع صعب

الأهم من كل ذلك ان اخلال الضوء بمدأ نسبية الحركة كان يجب ان يستلزم بالضرورة اخلال الاجسام الاخرى به .

في الواقع ، اي وسط يبدي مقاومة لحركة الاجسام فيه ، لذلك كان يجب ان يصحب انتقال الأجسام في الأثير احتكاك يهدىء من سرعتها ليؤدي بها في النهاية الى السكون ، ولكن هاك الارض تدور منذ مليارات السنين (حسب التقديرات الجيولوجية) حول الشمس ولم يلاحظ اي نقص في سرعتها نتيجة احتكاكها بالأثير .

وهكذا بمحاولتنا تفسير التصرف العجيب للضوء في القطار المتحرك بفرض وجود الاثير وقعنا في اشكال ضخم . وافتراض وجود الاثير لا يحل التناقض بين اخلال الضوء بمدأ نسبية الحركة وخضوع الاجسام الاخرى له .

يجب ان نحتكم الى التجربة

كيف نتصرف إزاء هذه التناقضات ؟ قبل ان نبدى هذا الرأي أو ذاك لنأخذ في اعتبارنا اننا قد وصلنا الى التناقض بين انتشار الضوء ومبدأ نسبية الحركة انطلاقا من الحوار البحت .

حقا لقد كان حوارا مقنعا للغاية ، ولكن ان نكتفي بالحوار فقط مثل مافعل بعض الفلاسفة القدامى الذين حاولوا الحصول على قوانين الطبيعة من

ادمغتهم الخاصة وهنا يبرز بالضرورة خطر وهو ان العالم المبني بهذه الطريقة مع كل تناسقه وجماله لا يشبة الواقع كثيراً .

اذا فالحكم الاعلى لاية نظرية فيزيائية هو التجربة ، ومن الضروري الا نكتفي بمحاكمة نظرية فيزيائية هو التجربة ، ومن الضروري الا نكتفي بمحاكمة نظرية حول مايجب ان تكون عليه كيفية انتشار الضوء في قطار متحرك بل نرجع الى التجارب التي ستوضح كيف يتحرك الضوء في هذه الظروف في الواقع .

ان اجراء مثل هذه التجربة يسهله واقع اننا انفسنا نعيش على جسم متحرك ، والارض اثناء دورانها حول الشمس لا تتحرك مطلقاً في خط مستقيم ومن ثم فلا يمكن ان توجد باستمرار في حالة سكون من وجهة نظر اي مختبر ساكن [1] .)

حتى إذا أخذنا في البدء المختبر الذي تكون الارض بالنسة له ساكنة في يناير مثلاً ، وحيث ان اتجاه حركة الارض حول الشمس يتغير ، فمن المؤكد انها في يونيو ستوجد بالنسبة لهذا المختبر في حالة حركة . لذا فبدراستنا انتشار الضوء على الكرة الارضية ندرس في الواقع انتشار الضوء في مختبر متحرك على وجه التحديد [2] (والاكثر من هذا الارض تتحرك بسرعة ٣٠

---

(١) راجع مفهوم المختبر الساكن صفحة ١٧ .

(٢) لاحظ ان القطار المتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم يعتبر مختبرا ساكنا ، اما المختبر المتحرك فهو ذلك المختبر الذي يتحرك بالنسبة لمختبر ساكن بسرعة متغيرة سواء في المقدار او في الاتجاه كالارض مثلاً في دورانها حول الشمس .

كم/ثانية وهي سرعة هائلة بالمقارنة مع ظروفنا (يمكن اهمال دوران الارض حول محورها والذي يكسبها سرعة تصل الى ٢/١ كم/ثانية) .

هل نحن في حل ، بالرغم من ذلك ، من تمثيل الكرة الارضية بالقطار المتحرك سابق الذكر والذي أدى بنا الى المأزق ، فالقطار يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم اما الارض فتتحرك في دائرة . نعم نحن في حل من هذا ، فلا بأس على الاطلاق من اعتبار ان الارض تتحرك في خط مستقيم وبسرعة منتظمة اثناء الفترة الزمنية لمرور الضوء عبرا اجهزة القياس والتي لا تتعدى جزء متناهياً في ضآلته من الثانية والخطأ الذي يمكن ان نقع فيه هنا أضأل من ان يحس .

وما دمنا قد شبهنا الكرة الارضية بالقطار فالطبيعي ان نتوقع ان يتصرف الضوء على الارض بنفس الدرجة من الغرابة : ينتشر في الاتجاهات المختلفة بسرعات مختلفة .

مبدأ النسبية ينتصر

لقد اجرى مايكلسون — من أعظم علماء الفيزياء العملية في القرن التاسع عشر ـ مثل هذه التجربة عام ١٨٨١ وقاس بدرجة عالية من الدقة سرعة الضوء بالنسبة للارض في اتجاهات مختلفة . ولكي يدرك الاختلاف البسيط المتوقع في السرعات اضطر مايكلسون الى استخدام تكنيك على درجة عالية من الدقة والحساسية واظهر في ذلك براعة وقدرة خلاقية على الابداع والابتكار. ولقد كانت التجربة على درجة من الدقة تسمح بادراك فروق في السرعات اقل بكثير من تلك المفترضة بناء على الدراسة النظرية .

لقد أدت تجربة مايكلسون والتي اعيدت من ذلك الحين اكثر مرة في

ظروف جد متباينة يلي نتيجة غير متوقعة على الاطلاق . ولقد اوضحت ان انتشار الضوء في المختبر المتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم يحدث في الواقع بشكل ويختلف تماما عما تؤدي اليه دراستنا النظرية ،وعلى وجه التحديد لاحظ مايكلسون ان الضوء ينتشر على الارض (المتحركة) بسرعات متساوية في الاتجاهات المختلفة بسرعات متساوية بالنسبـــة الى جدران المختبر بصرف النظر عن حركة المختبر (المنتظمة وفي خط مستقيم) .

وهكذا اوضحت تجربة مايكلسون ان ظـاهرة انتشار الضوء على عكس دراستنا النظرية لا تتناقض على الاطلاق مع مبدأ نسبية الحركة بل على العكس توجد معها في تناسق كامل . وبكلمات اخرى اتضح إن دراستنـــا صفحة ٢٥ خاطئة .

خرجنا من وضع سيء الى اسوأ

وهكذا ازالت التجربة التناقض بين انتشار الضوء وبين مبدأ نسبية الحركة . وظهر ان التناقض كان مجرد تعارض كاذب نتج من دراستنـــا الخاطئة . ولكن اين يكن الخطأ على وجه التحديد ؟

لقد أعي البحث عن حل لهذا السؤال علماء الفيزياء في العالم كله لمدة ربـع قرن تقريباً من ١٨٨١ الى ١٩٠٥ ولكـــن كل التفسيرات المقترحـة أدت الى تناقضات أكثر فاكثر بين النظرية والتجربة .

اذا تحرك قفص المصنوع من قضبان دقيقة بشاهد فان المشاهد يحس بتيــار من الهواء ، اذا كان مع المراقب في القفص مصدر للصوت وقاس سرعة الصوت بالنسبة للقفص لوجدها في اتجاه حركة القفص اقل منها في الاتجاه المضاد امـــا اذا وضعنا مصدر الصوت في قطار مغلقة نوافذه وابوابه وقسنا سرعة الصوت

فيه ، وحيث ان مثل هذا القطار يجر الهواء الذي بداخله معه [1] ، فاننا نجد ان سرعة الصوت متساوية في الاتجاهات المختلفة .

اذا انتقلنا من ظاهرة انتشار الصوت الى الضوء ، ربما افترضنا بتفسير نتائج تجربة مايكلسون الآتي : — عندما تتحرك الارض فهي لا تترك الاثير ساكناً وتمر من خلاله كالقفص المصنوع من قضبان دقيقة ولكنها تجره معها مكونة معه اثناء حركتها كلا موحداً . وهكذا تصبح نتائج تجربة مايكلسون مفهومة ،

ولكن هذا الفرض يتعارض تعارضاً جاداً مع مجموعة كبيرة من التجارب الاخرى . فهو يتعارض مثلاً مع خواص انتشار الضوء في انبوبة بها ماء جاري ، لانه لو كان الفرض صحيحاً لوجدنا ان سرعة الضوء في الماء الساكن مضافاً اليها سرعة الماء ولكن القياسات المباشرة تعطى قيمة أصغر من تلك المتوقعة من دراستنا هذه .

هذا فضلاً عن اننا تحدثنا عن وضع غاية في الغرابة وهو ان الاجسام عند حركتها خلال الاثير لا تعاني اي احتكاك ، اما ان نقول ان الاجسام لا تمر فقط خلال الاثير ولكنها تجره معها فان الاحتكاك لا بد ان يكون محسوساً على اي حال .

وهكذا انتهت كل المحاولات لتخطي التناقض الذي ادت اليه النتائج غير المتوقعة لتجربة مايكلسون الى الفشل .

والآن نحصل على الآتي :

---

(١) القطار المغلق والهواء بداخله يتحركان كجسم واحد ما دام القطار يتحرك بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم .

تجربة مايكلسون تؤكد مبدأ نسبية الحركة ليس فقط لحركة الاجسام العادية ولكن ايضاً لخاصية انتشار الضوء اي لجميع ظواهر الطبيعة .

ومما سبق رأينـــا ان مبدأ نسبية الحركة يؤدي بشكل مباشر الى نسبية السرعة : مقدار السرعة يختلف من مختبر الى آخر يتحرك بالنسبة له . ولكن سرعة الضوء — ٣٠٠ ٠٠٠ كم / ثانية — لا تتغير في المختبرات المختلفة وبالتالي فهي ليست نسبية بل مطلقة !

الباب الرابع

اتضاح نسبية الوقت

هل يوجد ثمة تناقض في الواقع ؟

يمكن أن يبدو من الوهلة الاولى اننا نواجه تناقضاً منطقياً حينما نقول « ان الوقت نسبي » ان ثبات سرعة الضوء في مختلف الاتجاهات يؤكد مبدأ النسبية ، في الوقت الذي تكون فيه سرعة الضوء مطلقة .

لنتذكر موقف الأنسان في القرون الوسطى من الواقع القائل بأن الارض كروية : ان كروية الارض بالنسبة لذلك الانسان كانت تناقض تماماً وجـــود قوة التثاقل اذ ان جميع الاجسام كان يجب ان تتساقط عن الارض «الى اسفل». ولكننا نعلم بالتأكيد في الوقت نفسه انه ليس هناك اي تناقض منطقي في هذا الامر . كل ما في الامر ان مفهومي الـ « أعلى » والـ « أسفل » ليسا بمطلقين بل هما نسبيان .

ان نفس الحالة تنطبق على قضية انتشار الضوء

ولقد كان عبثاً البحث عن تناقض منطقي بين مبدأ نسبية الحركة ومطلقية

سرعة الضوء . ذلك لان التناقض هنا يظهر لمجرد اننا ، في هذه الحالة ، ادخلنا دونما شعور فروضاً اضافية اخرى ، تماماً كما كان الامر عليه مع الناس في القرون الوسطى حينما انكروا كروية الارض ، مستندين على اعتبارهم مفهومي الـ «أعلى» والـ «أسفل» مفهومين مطلقين . ان الايمان بمطلقية الـ «أعلى» والـ «أسفل» ، المضحك بالنسبة لنا ، نبع عن افتقار هؤلاء الناس للتجربة ، لانهم في ذلك الوقت قلما كانوا يسافرون ، ولم يكونوا ليعرفوا الا مساحات ضئيلة من سطح الارض . وبديهي ان شيئاً مماثلا حدث لنا كذلك ، بسبب افتقارنا لتجربتنا ، حيث كنا نعتبر الاشياء النسبية كأنها مطلقة .

فما هي بالذات ؟

بغية الكشف عن خطئنا ، فلنعتمد في المستقبل على الاوضاع التي يمكن ان تنشأ نتيجة لتجربتنا فحسب .

فلنستقل القطار

ولنتصور قطاراً يبلغ طوله ٥٤٠٠٠٠٠ كيلو متر ، يتحرك في خط مستقيم بسرعة منتظمة تبلغ ٢٤٠٠٠٠ كيلو متر في الثانية .

ولنفترض أن مصباحاً اوقد في وسط القطار في لحظة زمنية معينة من اوقات السفر ، وقد نصبت ، في العربتين الاولى والاخيرة ، ابواب آلية (اوتوماتيكية) تفتح في تلك اللحظة التي تتعرض فيها لاشعة الضوء . فما الذي سيراه الناس الذين في القطار والناس الذين على الرصيف ؟

للاجابة على هذا السؤال سنعتمد ، كما اتفقنا ، على التجارب فحسب .

إن الجالسين في وسط القطار سيرون الآتي : بما أنه حسب تجربة مايكلسون

ينتشر الضوء بسرعة واحدة في جميع الاتجاهات بالنسبة للقطار ، أي بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية ، ففي هذه الحالة سيصل الضوء بعد ٩ ثوان (٢٧٠٠٠٠٠ : ٣٠٠٠٠٠) إلى العربتين الأولى والأخيرة في آن واحد ، وسيفتح البابان في آن واحد .

فما الذي سيراه الواقفون على الرصيف ؟ ينتشر الضوء بالنسبة للمحطة بسرعة ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية أيضاً . غير أن العربة الأخيرة تسير لملاقاة شعاع الضوء . ولهذا فإن الضوء سيتقابل مع العربة الأخيرة بعد مضي $\frac{٢٧٠٠٠٠٠}{٣٠٠٠٠٠ + ٢٤٠٠٠٠}$ = ٥ ثوان . أما بالنسبة للعربة الأولى فيجب على شعاع الضوء أن يلاحقها ، ولذلك فلن يصلها إلا بعد مضي $\frac{٢٧٠٠٠٠٠}{٣٠٠٠٠٠ - ٢٤٠٠٠٠}$ = ٤٥ ثانية .

إذن فسيبدو للواقفين على الرصيف أن أبواب القطار لم تفتح في آن واحد . ففي البداية ستفتح أبواب العربة الأخيرة ، أما أبواب العربة الأولى فلن تفتح إلا بعد مضي ٤٥ − ٥ = ٤٠ ثانية[١] .

وفي هذه الحالة فإن الحدثين المماثلين ، أي فتح أبواب عربتي القطار الأولى والأخيرة ، يبدوان للناس في القطار وكأنهما يجريان في آن واحد . أما بالنسبة للواقفين على الرصيف فانهما يبدوان منفصلين بفترة زمنية تعادل ٤٠ ثانية .

---

(١) فيما بعد سنشرح هذه المفاهيم بصورة أدق .

أفي هذا ثمة تناقض ؟ أفلا تبدو هذه الحقيقة التي اكتشفناها بمجرد هراء كأن نقول مثلاً : طول التمساح من الذنب إلى الرأس متران ، ومن الرأس إلى الذنب متر واحد ؟

فلنحاول أن نتفهم لماذا تبدو النتيجة التي حصلنا عليها غير معقولة ، رغم أنها في وفاق تام مع التجربة .

مهما فكرنا في ذلك فلن نستطيع أن نجد تناقضاً منطقياً في أن الحدثين اللذين جريا في آن واحد بالنسبة للمسافرين في القطار ، بديا منفصلين بفترة تعادل ٤٠ ثانية بالنسبة للواقفين على الرصيف .

إن الشيء الوحيد الذي يمكن أن نعزي به أنفسنا هو أن استنتاجنا تتناقض مع « التفكير السليم » .

ولنتذكر كيف كان « التفكير السليم » للانسان في القرون الوسطى يعارض واقع دوران الأرض حول الشمس ! ولكن في الواقع فإن التجربة اليومية كانت تؤكد لانسان القرون الوسطى أن الأرض مستقرة والشمس تدور حولها . أفليس الناس بمدينين لـ « التفكير السليم » الذي قادهم إلى براهين مضحكة تؤكد عدم إمكانية كروية الأرض ؟!

لقد سخر من صدام « التفكير السليم » مع الواقع في النادرة المعروفة عن المزارع الذي رأى زرافة في حديقة الحيوان فقال : « لا يمكن أن يكون هذا ! » .

وإن ما يدعى بالتفكير السليم ليس إلا مجرد تعميم لتصوراتنا الناتجة من الحياة اليومية .

هذا المستوى المعين للادراك يمكن مستوى التجربة .

إن صعوبة إدراك أن الحدثين اللذين يجريان في القطار في آن واحد ، سيبدوان لنا غير ذلك في حالة وجودنا على الرصيف ، تماثل الصعوبة التي واجهها المزارع الذي أثار منظر الزرافة فيه الاستفهام . فالمزارع لم يرَ الزرافة من قبل، كما أننا ما تحركنا أبداً بسرعة تقترب ، ولو إلى حد ما ، من السرعة الأسطورية التي تبلغ ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية . وليس بالمستغرب أن الفيزيائيين إذ يواجهون مثل هذه السرعة الأسطورية ، فانهم يلاحظون وقائع تختلف اختلافاً جوهرياً عن تلك الوقائع التي ألفناها في حياتنا اليومية .

إن النتيجة المفاجئة التي حصلنا عليها من تجربة مايكلسون ، والتي وضعت الفيزيائيين أمام هذه الوقائع الجديدة ، حملتهم على إعادة النظر ، على الرغم من « التفكير السليم » ، في التصورات الراسخة في أذهاننا والتي اعتدنا عليها كحدوث حدثين في آن واحد ، مثلاً .

وبديهي أنه كان في استطاعتنا أن نتمسك بـ « التفكير السليم » وبالتالي أن ننكر وجود ظواهر جديدة غير أننا لو كنا قد فعلنا ذلك لكنا على غرار ذلك المزارع في النادرة التي سبق ذكرها .

الزمن يلاقي مصير الفضاء

إن العلم لا يخشى الاصطدام بما يسمى بالتفكير السليم ، بل أن ما يخيفه هو عدم التوافق بين التصورات الموجودة فعلاً والمعلومات التجريبية الجديدة . فإذا ما حدث ذلك فإن العلم يحطم، دون ما رحمة ، التصورات القائمة ، ويرفع بذلك إدراكنا إلى درجة أعلى .

لقد كنا نعتبر أن الحدثين الآنيين[1] هما الحدثان اللذان يتمان في مختبر في آن واحد . غير أن التجربة قد أدت بنا إلى نتيجة أخرى ، فقد اتضح أن هذا صحيح فقط في حالة سكون المختبرين أحدهما بالنسبة للآخر ، فإن الحدثين الآنيين ، بأحدهما ، يجب أن يتما في وقتين مختلفين في المختبر الآخر . إن مفهوم آنية الحدثين يصبح نسبياً ، ويكون ذا معنى فقط في تلك الحالة التي نبين فيها كيفية حركة المختبر الذي يراقب منه هذان الحدثان .

ولنتذكر المثال المتعلق بمقدار الزوايا ، وهو المثال الذي تطرقنا اليه في صفحة ٧. فكيف كان الأمر هناك ؟ لنفترض أن المسافة الزاوية بين النجمين تساوي صفرا في حالة مراقبتهما من الأرض وذلك لوقوع النجمين على خط مستقيم واحد . ونحن لا نواجه في حياتنا اليومية اي تناقض مع هذا الزعم وذلك إذا اعتبرنا هذا الزعم مطلقاً . غير ان الأمر يتغير إذا ما تركنا حدود مجموعتنا الشمسية وراقبنا نفس النجمين من اية نقطة اخرى في الفضاء ففي هذه الحالة فإن المسافة الزاوية لا تساوى صفرا ، بل مقدارا آخر .

إن هذه الحقيقة الواضحة لانسان عصرنا هذا ، والتي تقول بأن النجمين اللذين ينطبقان عند مراقبتهما من الأرض ، يمكن الا ينطبقا عند مراقبتهما من اية نقاط أخرى في الفضاء ، كانت تبدو غير معقولة لانسان القرون الوسطى الذي كان يتصور السماء بشكل قبّة ترصعها النجوم .

ولنفترض أنه طرح علينا السؤال التالي :هل يمكننا في الواقع اعتبار الحدثين آنيين ام لا إذا ما غضضنا النظر عن المختبرات بوجه عام ؟ إن هذا السؤال ، للاسف ، لا يحتوى على معنى اكبر مما يحتوي عليه السؤال التالي : إذا ما تجاهلنا

---

(١) هما الحدثان اللذان يتمان في آن واحد .

النقاط التي تجري المراقبة منها ، فهل يقع النجمان ، في الواقع ، على خط مستقيم واحد أم لا ؟ ان جوهر الأمر هنا ان الوقوع على خط مستقيم واحد لا يتوقف على حالة النجمين فحسب ، بل وكذلك على النقطة التي تجري مراقبتنا منها . وينطبق نفس الشيء على آنية الحدثين التي لا تتوقف على الحدثين وحسب ، بل وكذلك على المختبر ، الذي تتم منه مراقبة هذين الحدثين .

لقد التقينا حتى الآن بسرعات صغيرة بالمقاومة مع سرعة الضوء ، لذلك فاننا لم نستطع اكتشاف نسبية مفهوم الآنية . أما إذا ما تطرقنا الى دراسة الحركة ذات السرعات التي يمكن مقارنتها بسرعة الضوء ، فاننا نضطر إلى إعادة النظر في مفهوم الآنية .

وبنفس هذه الطريقة تماماً فقد اضطر الناس الى إعادة النظر في مفهومي الـ «أعلى» والـ «أسفل» عندما أخذوا في السفر مسافات يمكن مقارنتها بأبعاد الأرض . إما قبل ذلك فإن تصور شكل الأرض المسطح لم يكن يؤدي الى أي تناقض مع التجربة .

والحقيقة فاننا لا نستطيع الحركة بسرعات تقرب من سرعة الضوء ، ولذلك فلا يمكننا أن نراقب ، بتجربتنا الذاتية ، الوقائع المتناقضة من وجهة نظر التصورات القديمة ، تلك الوقائع المتناقضة من وجهة نظر التصورات القديمة ، تلك الوقائع التي تحدثنا عنها توا . ولكنه يمكننا بفضل التكنيك الحديث في في اجراء التجارب الفيزيائية ان نؤكد ، بملء الثقة ، هذه الوقائع في عديد من الظواهر الفيزيائية .

وإذ فقد لقى الزمن مصير الفضاء ! واتضح أن عبارة «في آن واحد» مجردة من المعنى تماماً كما هو الأمر مع عبارة « في نفس المكان » .

إن الفترة الزمينة بين الحدثين تماماً كالمسافة الفراغية بينهما ، تتطلب الاشارة الى المختبر الذي تتم منه مراقبة الحدثين .

العلم ينتصر

إن اكتشاف واقع نسبية الزمن ، هو عبارة تحول عميق في تصـــورات الانسـان للطبيعة . وهو من أهم انتصارات العقل الانسـاني على جمود التصورات التي نشأت طيلة قرون . ويمكن ان نقارن هذا الاكتشاف بانقلاب التصورات الانسـانية المتعلقة باكتشاف واقع كروية الأرض .

وقد أثبت نسبيـــة الرمن في عام ١٩٠٥ العالم الفيزيائي الكبير آلبيرت آينشتاين الذي يعتبر أعظم علماء القرن العشرين قاطبة . وقد رفع هـــذا الاكتشاف آينشتاين ، الذي كان يبلغ الخامسة والعشرين من عمره ، الى صفوف عمالقة الفكر الانساني ، فهو الان يقف على نفس المستوى الذي يقف عليه كل من كوبرنكس ونيوتن اذ شق طرقا جديدة في العلم .

وكان لينين يعتبر آلبيرت آينشتاين واحد من «أكبر العلمــاء الذين طوروا العلوم الطبيعيــة» .

إن نظرية نسبية الزمن والنتائج الناشئة عنهـا ، تسمى كالعـادة بنظرية النسبية . ولا يجب أن نخلط بينها وبين مبدأ نسبيـــة الحركة .

للسرعة حدود

كانت الطائرات تحلق ، قبل الحرب العالمية الثانية ، بسرعـات تقـل عن سرعة الصوت ان الموجات اللاسلكية تنتشر بسرعة الضوء . افلا يمكن ان

نطرح أمامنا مهمة انشاء تلغراف تفوق سرعته سرعة الضوء بغية ارســـال الاشارات بسرعة تزيد عن سرعة الضوء ؟ من الواضح ان هذا الأمر مستحيل التحقيـــق .

وفي الواقع فلو كان باستطاعتنا أن نرسل الاشارات بسرعة لا نهائية ، لكان بامكاننا أن نحقق آنية الحدثين بصورة مطلقة ولاستطعنا أن نقـــول أن هذين الحدثين قد وقعا في آن واحد ، وذلك إذا كانت الاشارة ذات السرعة اللانهائية عن الحدث الأول قد وصلت في آن واحـــد مع الاشارة التي تعني الحدث الثاني ، وفي هذه الحالة ستصبح آنية الحدثين سمات مطلقة لا تتوقف على حركة المختبر الذي تجري المراقبة منه .

وهكذا فإننا نستنتج ان إرسال الاشارات لا يمكن ان يتم في لمـح البصر ، ذلك لأن التجربة تدحض مطلقية الزمن . أن سرعة الارسال من نقطـــة في الفضاء إلى نقطة اخرى ، لايمكن ان تكون لا نهـــائية ، أو بمعنى آخر لا يمكنها أن تزيد على بعض الأرقـــام المحدودة التي تسمى بالحد الأقصى للسرعـــة .

إن هذا الحد الأقصى للسرعة يعادل سرعة الضوء .

وفي الواقع ، فبموجب مبدأ نسبية الحركة ، فان قوانين الطبيعة يجب أن تكون واحدة في جميـــع المختبرات ، المتحركة بعضها بالنسبة للآخر (بسرعة منتظمة في خط مستقيم) . وان التقرير بأنه لا يمكن أن تزيد السرعة عن حد معين هو قانون طبيعي .ولذا فإن الحد الأقصى للسرعة يجب أن يكون متساوياً تمامـــاً في مختلف المختبرات ، وكما نعرف فإن لسرعة الضوء نفس هذه الخـــواص .

وإذا فإن سرعة الضوء ليست مجرد سرعة انتشار ظاهرة طبيعية مـــا ، بل انها تلعب دوراً هاماً كحد اقصى للسرعة .

ان اكتشاف وجود الحد الأقصى للسرعة في العالم هو من أهم انتصـــارات الفكر الانساني وامكانيات الانسان التجريبية .

ان أيا من فيزيائي القرن الماضي لم يكن ليستطيـع إدراك ان هناك حـــدا اقصى للسرعة في العالم ، وانه يمكن اثبات حقيقة وجودهـا . وبالاضافة إلى هذا فحتى إذا اصطدم ، اثناء تجاربه ، بوجود حد أقصى للسرعة في الطبيعــة ، فإنه لم يكن ليستطيـلا الوثوق بأن هذا هو قانون الطبيعة وليس نتيجة تحـديد في الامكانيات التجريبية يمكن إزالته بتطور التكنيك .

إن مبدأ النسبية يظهر أن وجود حد أقصى للسرعة يكن في طبيعة الأشياء نفسها، وإن الظن بأن تقدم التكنيك سيكمن من بلوغ سرعات تزيد على سرعة الضوء ، امر مضحك تماماً كا لو ظننا بأن عدم وجود نقاط تبعد احداها عن الأخرى مسافة تزيد على ٠٠٠ ٢٠ كيلومتر على سطح الأرض ، ليس بقـانون جغرافي بل هو عبارة عن ضعف معلوماتنا ، وكا لو أملنا بأننا نستطيع بمدى تطور الجغرافيا أن نجد نقاطاً تبعد بعضها عن بعض على سطح الأرض اكثر من ذلـك بكثير .

ان لسرعة الضوء أهمية منقطعة النظير في الطبيعة ، وذلك لأنها هي الحــد الأقصي للسرعة التي يمكن أن تنتشر بها كل الأشياء قاطبة . ان الضوء أمـــا ان اية ظاهرة اخرى ، أو على الأقل فانه يصل معها في آن واحد .

ولو حدث أن انقسمت الشمس إلى قسمين ، وتكون نجم مزدوج ، لتغيرت حركة الارض بطبيعة الحـال

إن العالم الفيزيائي في القرن الماضي الذي لم يكن يعرف شيئاً عن وجود حد أقصى للسرعة في الطبيعة ، كان يفترض ولا بد أن تغير حركـــة الأرض يجب أن يحدث فور انقسام الشمس . بيد أن الضوء سيتطلب ثماني دقائق للوصول من الشمس المنقسمة إلى الأرض .

وفي الواقع فإن تغير حركة الارض سيبدأ ، كذلك ، بعد مضي ٨ دقائق

أثر انقسام الشمس . اما قبل هذه اللحظة فإن الارض ستستمر في حركتها كما لو أن الشمس لم تنقسم . وعلى وجه العموم فلا يمكن لأي حدث يحدث بالشمس أو عليها أن يؤثر أي تأثير على الأرض وحركتها قبل انقضاء هذه الدقائق الثماني .

وبالطبع فان السرعة المحدودة لانتشار الاشارات لا تحرمنا من امكانية اثبات آنية حدثين ما . ولهذا الغرض فيجب أن نأخذ بعين الاعتبار الفترة الزمنية التي تتأخر بها الاشارة ، وهو ما نفعله عادة .

غير ان مثل هذه الطريقة لاثبات آنية حدثين لتتفق تماماً ونسبية هذا المفهوم . في الواقع فلطرح مقدار التأخر الزمني ، يجب علينا تقسيم المسافة بين المكانين اللذين وقع الحدثان فيهما على سرعة انتشار الاشارة . ومن جهة اخرى فقد رأينا ، عند دراسة مسألة ارسال الخطابات من القطار السريع موسكو — فلا ديفوستوك ، إن نفس مفهوم المكان في الفضاء هو مفهوم نسبي إلى حد كبير .

قبل او بعد

لنفترض ان قطارنا المزود بالمصباح المضاء ، والذي ندعوه بقطار أينشتاين، قد تعطلت فيه الاجهزة الآلية لفتح الأبواب . ولاحظ المسافرون في القطار أن أبواب العربة الأولى قد فتحت قبل أبواب العربة الأخيرة بخمس عشرة ثانية . أما الواقفون على رصيف المحطة فسيرون بالعكس ، إن أبواب العربة الأخيره قد فتحت قبل أبواب العربة الأولى بـ ٤٠ — ١٥ = ٢٥ ثانية . وهكذا فإن الأمر الذي تم مسبقاً بالنسبة لمختبر ما يمكن ان يتم متأخراً بالنسبة لمختبر آخر .

وهنا تنشأ ، مباشرة ، فكرة ان نسبية مفهومي « قبل وبعد » يجب أن تكون لها حدودها . ومن الصعب أن يفترض المرء (مهما كان المختبر) إن الطفل يمكن ان يولد قبل أمه .

لقد ظهرت على الشمس بقعة . وبعد ثماني دقائق لاحظها عالم فلكي يراقب الشمس بواسطة منظار . وكل ما سيفعله العالم الفلكي بعد هذا ، سيكون اكثر تأخراً على الاطلاق من ظهور البقعة – اي اكثر تأخراً مهما كان عليه المختبر الذي يراقب بقعة الشمس ، والعالم الفلكي . وبالعكس فكل ما حدث للعالم الفلكي قبل ظهور البقعة بثماني دقائق (لكي تصل اشارة الضوء عن هذا الحدث الى الشمس قبل ظهور البقعة) قد حدث اكثر تبكيراً على الاطلاق من ظهور البقعة .

واذا ما لبس العالم الفلكي نظارته في الفترة الزمنية الواقعة بين هذين الحدثين فان التناسب الزمني بين ظهور البقعة وارتداء النظارة من قبل العالم الفكي لن يكون مطلقاً .

ويمكننا مثلاً ان نتحرك ، بالنسبة لكل من العالم الفلكي والبقعة ، بحيث نرى العالم الفلكي الذي يلبس نظارته قبل او بعد او في آن واحد مع ظهور البقعة : ويعتمد ذلك من سرعة حركتنا واتجاهها .

وهكذا فان مبدأ النسبية يبين ان التناسب الزمني بين الحوادث يمكن ان يكون احد انواع ثلاثة : اكثر تبكيراً على الاطلاق ، اكثر تأخراً على الأطلاق و « لا قبل ولا بعد » ، وبمعنى أدق « قبل او بعد » ويتوقف ذلك على المختبر الذي تجري منه مراقبة هذه الحوادث .

الباب الخامس

الساعات والمساطر متقلبة

ها نحن نستقل القطار من جديد

أمامنا سكة حديدية طويلة يسير عليها قطار آينشتاين ، وهناك محطتان تبعد احداهما عن الاخرى ٠٠٠ ٠٠٠ ٨٦٤ كيلو متر . ان قطار آينشتاين بحاجة الى ساعة واحدة لاجتياز هذه المسافة اذا كانت سرعته تعادل ٠٠٠ ٢٤٠ كيلو متر في الثانية .

نفرض أنه توجد بكل محطة ساعة . ولقد استقل سائح عربة من عربات هذا القطار في المحطة الاولى ، وضبط ساعته على ساعة المحطة قبيل انطلاق القطار . فما ان وصل الى المحطة الثانية حتى لاحظ ، دهشاً ، ان ساعته قد تأخرت .

وكانوا قد أكدوا للسائح ، في ورشة تصليح الساعات ، أن ساعته كانت مضبوطة على الاطلاق .

فما هو الامر ؟

لتوضيح الامر ، فلنتصور أن المسافر يوجه شعاع ضوء ، من مصباحه اليدوي الموضوع على أرض العربة ، الى السقف حيث توجد مرآة يقع عليها الشعاع فتعكسه ، بدورها ، على المصباح . أما بالنسبة للمراقب

الموجود على الرصيف ، فانه يرى المصباح اليدوي الى المرآة ، فان مكانها سيتغير من جراء حركة القطار . وفي الوقت الذي سينعكس فيه الشعاع ، فان موضع المصباح سيتغير بنفس المسافة .

وهكذا فاننا نجد أن الضوء - بالنسبة للمراقبين على الرصيف - قد اجتاز مسافة اكبر ، مما هو بالنسبة للمراقبين في القطار . هذا من جهة ، ومن جهة اخرى فإننا نعرف أن سرعة الضوء هي سرعة مطلقة ، متساوية بالنسبة لمستقلي القطار والواقفين على الرصيف على حد سواء ، الامر الذي يحملنا على التوصل الى الاستنتاج التالي : لقد انقضى - في المحطة - زمن أطول بين لحظة ارسال شعاع الضوء ولحظه عودته ، مما هو الامر عليه في القطار !

وليس من الصعب حساب نسبة الزمنين .

فلنفرض أنه قد اتضح للمراقب الموجود على الرصيف ، أنه قد انقضت عشر ثوان منذ لحظة ارسال الشعاع حتى عودته . وفي خلال هذه الثواني العشر فان الضوء يكون قد اجتاز مسافة ٣٠٠ ٠٠٠ × ١٠ = ٣٠٠٠ ٠٠٠ كيلو متر . ومن هذا ينتج أن الضلعين اب ، ب ح يؤلف كيلو متر . وان الضلع ا ح يساوي ، الطريق الذي اجتازه القطار خلال عشر ثوان ، أي ٢٤٠ ٠٠٠ × ١٠ = ٢٤٠٠ ٠٠٠ كيلو متر .

وليس من الصعب الان تعيين ارتفاع عربة القطار والذي هو عبارة عن الارتفاع ب د في المثلث ا ب ح .

ولنتذكر أن مربع الوتر (اب) في المثلث القائم الزاوية يساوي مجموع مربعي ضلعي القائمة (اد ، ب د) . وهكذا فيمكننا أن نحصل من المعادلة $\overline{\text{اب}}^{٢}\ \overline{\text{اد}}^{٢}\ \overline{\text{ب د}}^{٢}$ ، على ان ارتفاع عربة القطار هو ب د = $\sqrt{\overline{\text{اب}}^{٢} - \overline{\text{اد}}^{٢}} = \sqrt{١٥٠٠\,٠٠٠^{٢} - ١٢٠٠\,٠٠٠^{٢}} = ٩٠٠\,٠٠٠$ كيلو

متر . يا له من ارتفاع هائل . غير أن هذا ليس بالشيء المستغرب اذا ما أخذنا بعين الاعتبار ضخامة قطار آينشتاين الفلكية .

ان الطريق الذي اجتازه الشعاع ، من الارض الى سقف عربة القطار ، ذهاباً وإياباً ، يعادل بالنسبة للمسافر ضعف الارتفاع ، أي ٢×٠٠٠ ٩٠٠= ٠٠٠ ١٨٠٠ كيلو متر . ولاجتياز هذا الطريق يحتاج شعاع الضوء الـ

٠٠٠ ١٨٠٠ / ٠٠٠ ٣٠٠ = ٦ ثوان .

الساعة تتأخر بصفة مستديمة

واذا فعندما مضت ١٩ ثوان من الوقت على المحطة ، انقضت في القطار ٦ ثوان فقط . وهكذا فاذا وصل القطار ، حسب ساعة المحطة ، بعد ساعة من انطلاقه . فإنه حسب ساعة المسافر يصل بعد فترة زمنية قدرها ٦٠×٦/١٠=٣٦ دقيقة من انطلاقه . وبعبارة اخرى فإن ساعة المسافر تأخرت عن ساعة المحطة ، خلال ساعة واحدة ، بأربع وعشرين دقيقة .

وليس من الصعب أدراك تأخر الساعات سيزداد كلما ازدادت سرعة القطار .

والحقيقة فكلما اقتربت سرعة القطار من سرعة الضوء ، كلما اقترب ضلع القائمة ا د ، الذي يمثل الطريق الذي اجتازه القطار ، إلى وتر الزاوية القائمة اب الذي يمثل الطريق الذي اجتازه الضوء خلال نفس الوقت . ونتيجة لذلك فستقل النسبة بين طول ضلع القائمة ب د والوتر اب . ولكن هذه النسبة هي عبارة عن نسبة الفترة الزمينة في القطار إلى الفترة الزمينة في المحطة . فكلما عملنا على تقريب سرعة القطار من سرعة الضوء ، يمكننا خلال ساعة زمينة من ساعات المحطة الحصول على فترة زمينة متناهية في الصغر في القطار ، وهكذا فإذا ما كانت سرعة القطار تعادل ٩٩٩٩ ر . من سرعة الضوء ،

فستقضي في القطار دقيقة واحدة فقط بالنسبة لتوقيت المحطة !

وإذا ، فإن كل الساعات المتحركة تتأخر عن الساعات الساكنة . أفلا تناقض هذه النتيجة مبدأ نسبية الحركة الذي كنا نرتكز عليه ؟

أفلا يعني هذا أن الساعات التي تسير أسرع من جميع الساعات الاخرى ،هي في حالة سكون مطلق ؟

كلا لأن مقارنة الساعات في القطار مع ساعات المحطة قد تمت في ظروف غير متساوية على الاطلاق . فقد كانت هناك لا ساعتان بل ثلاث ساعات !وكان الراكب يقارن ساعته بساعتين مختلفتين في محطتين مختلفتين . وبالعكس فلو كانت هناك ساعتان في عربتي القطار الاولى والأخيرة فإن المراقب في احدى المحطتين اذ يقارن عقارب ساعة المحطة بعقارب الساعتين في نوافذ القطار الذي يمر به ، سيكتشف أن ساعة المحطة تتأخر بصفة مستديمه .

وفي هذه الحالة يحق لنا أن نعتبر القطار ساكنا والمحطة متحركة ، خلال حركه القطار حركة منتظمة في خط مستقيم بالنسبة للمحطة . اذ يجب أن تتساوى جميع قوانين الطبيعة في المحطة وفي القطار .

ان كل مراقب ثابت بالنسبة لساعته ، سيري أن الساعات الاخرى المتحركة بالنسبة له تسرع وتتسابق الى امام كلما ازدادت سرعة حركتها .

وهذه الحالة مشابهة لتلك الحالة التي أصبح يؤكد فيهما كل من المراقبين الواقفين عند عمودي تلغراف ، أن عموده يرى بزاوية أكبر من عموده المراقب الآخر .

آلة الزمن

فلنتصور الآن أن قطار آينشتاين يتحرك لا في طريق مستقيم ، بل على سكة حديدية مستديرة ، عائداً بعد مضي وقت معين الى محطة الانطلاق لقد

اتضح لنا أن الراكب سيكتشف ، في هذه الحالة ، أن ساعته تتأخر ، وهي تزداد تأخراً كلما ازدادت سرعة حركة القطار . فعند ازدياد سرعة قطار آينشتاين السائر على السكة الحديدية المستديرة ، يمكننا ان نستنتج انه عندما يمضي يوم واحد بالنسبة للمسافر فانه تمضي عدة سنوات بالنسبة لناظر المحطة . وعندما سيعود مسافرنا (حسب ساعته !) بعد يوم الى بيته في محطة الانطلاق على السكة الحديدية المستديرة ، فسيفاجأ بأن جميع أقاربه ومعارفه قد قضوا نحبهم منذ زمن طويل .

وخلافا للسفر بين محطتين ، عندما كان المسافر يضبط ساعته على ساعات مختلفة ، فهنا في حالة الطريق المستدير — يقوم المسافر بمقارنة عقارب ساعتين فقط لا ثلاث ساعات : هاتان الساعتان هما ساعة القطار وساعة محطة الانطلاق.

أفلا يناقض هذا مبدأ النسبية ؟ وهل يمكننا اعتبار أن المسافر ساكن في حين تتحرك محطة الانطلاق في خط دائري بنفس سرعة قطار آينشتاين ؟ لو كان الأمر كذلك لوجدنا أنه سينقضي يوم واحد بالنسبة للموجودين في المحطة ، وسنوات عديدة بالنسبة للمسافرين . ولكن هذا التصور غير صحيح . وذلك للأسباب التالية :

لقد سبق أن وضحنا أنه يمكننا أن نعتبر الجسم ساكناً فقط في تلك الحالة عندما لا تؤثر عليه أية قوى . وفي الواقع فليست هناك حالة « سكون » واحدة ، بل هناك عدد لا نهائي من هذه الحالات كما أن أي جسمين ساكنين يمكنهما أن يتحركا بسرعة منتظمة في خط مستقيم أحدهما بالنسبة للآخر . وتؤثر على الساعة الموجودة في قطار آينشتاين الذي يجري على سكة حديدية دائرية ، قوة طاردة عن المركز ولذا فإنه لا يمكن بتاتاً أن نعتبر هذه الساعة ساكنة . وفي هذه الحالة يكون الفرق بين ما تشير اليه ساعة المحطة الساكنة وساعة قطار آينشتاين ، فرقاً مطلقاً .

وإذا افترق رجلان يحملان ساعتين تشيران إلى نفس الوقت ثم تقابلا من

جديد بعد مضي فترة زمنية معينة فإن ساعة الرجل الساكن أو المتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم تشير إلى مضي فترة زمنيـة أطول أو بمعنى آخر تشير الساعة التي لم تؤثر عليها أية قوى إلى مضي فترة زمنية أطول .

إن السفر بالسكة الحديدية الدائرية ، بسرعـة تقرب من سرعة الضوء ، يعطينا إمكانية مبدئية لتحقيق « آلة الزمن » لويلز ، ولو إلى درجـة محدودة ، فإذا ما خرجنا من القطار من جديد إلى محطة الانطلاق، فسنجد أننا قد أصبحنا في المستقبل . وفي الواقع فإنه يمكننا أن نسافر بمثل آلة الزمن هذه إلى المستقبل غير أننا لا نستطيع العودة إلى الماضي وهذا هو الفارق الأساسي بين آلة الزمن هذه وآلة الزمن الذي ذكرها ويلز .

ومن العبث حتى مجرد التفكير في أن تطور العلوم في المستقبل سيمكننا من السفر إلى الماضي ، وإلا فسنكون مضطرين في هـذه الحالة إلى اعتبار بعض الأوضاع غير المعقولة ممكنة التحقيق مبدئيـاً . وفي الواقع فإذا ما سافرنا إلى الماضي ، فمن الممكن أن نجد أنفسنا في وضع مستحيل كوضع الانسان ، الذي يرى النور في الوقت الذي لم يره فيها والداه بعد .

أما السفر إلى المستقبل فيحمل في طياته تناقضات ظاهرية فقط .

رحلة إلى النجم

وتوجد في السماء نجوم تبعد عنا مثلاً بمسافة ، يمكن أن يجتازها شعاع الضوء خلال ٤٠ سنة . وبما أننا نعلم أنه لا يمكن التحرك بسرعة تزيد عن سرعة الضوء إذاً فيمكننا أن نصل إلى النتيجة التالية : لا يمكننا أن نصل إلى مثل هـذه النجوم في فترة زمنية تقل عن أربعين سنة . غير أن هذه النتيجة ، خاطئـة ، ذلك لأننا لم نأخذ بعين الاعتبار تغير الزمن الناشىء عن الحركة .

نفرض أننا نطير إلى هذا النجم ، على متن صاروخ آينشتاين ، بسرعة قدرها ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثـانية . ويعني هـذا أننا سنصل إلى النجم ، بالنسبة

لسكان الأرض ، بعد مضي $\frac{40 \times 300000}{240000}$ = ٥٠ سنة .

أما بالنسبة لنا نحن المسافرين في صاروخ آينشتاين فإن هذه الفترة الزمنية ستقل بنسبة ١٠ إلى ٦ إذا بلغت سرعة الصاروخ ٢٤٠٠٠٠ كم في الثانية . أي أننا سنصل إلى النجم بعد مضي ٦/١٠ ٥٠ = ٣٠ سنة فقط لا خمسين .

كلما ازداد اقتراب سرعة صاروخ آينشتاين من سرعة الضوء ، كلما أمكننا أن نختصر – كما نشاء – الفترة الزمنية التي يحتاجها المسافرون للوصول إلى مثل هذا النجم الموغل في البعد . ويمكننا نظرياً في حالة السفر بسرعة كبيرة إلى حد كافٍ أن نصل إلى هذا النجم وإن نعود منه إلى الأرض مرة أخرى في مدى فترة زمنية لا تتعدى دقيقة واحدة ! ورغم هذا فستكون قد انقضت على الأرض فترة زمنية قدرها ٨٠ سنة .

قد يخيل للمرء أن هذا الأمر يتيح الإمكانيات لاطالة عمر الانسان . أما الحقيقة فهي أن ذلك يقتصر على مجرد وجهة نظر الناس الآخرين ، وذلك لأن الانسان يكبر سناً وفقاً « لوقته هو » . غير أن الاحتمالات ، للأسف تبدو ضئيلة جداً إذا ما أمعنا فيها النظر .

ولنبدأ من واقع ان جسم الانسان لا يتحمل الاقامة لمدة طويلة تحت تأثير عجلة تزيد زيادة كبيرة عن عجلة الجاذبية الأرضية ، ولذا فلكي نصل إلى سرعة تقرب من سرعة الضوء فاننا نحتاج إلى فترة زمنية طويلة جداً . وتقودنا الحسابات الدقيقة إلى أننا نستطيع أن نوفر من الوقت شهراً ونصف فقط وذلك في ظروف السفر لمدة نصف عام بعجلة تساوي عجلة الجاذبية الأرضية . فإذا ما اطلنا مدة السفر ، فسيزداد ربح الوقت بسرعة كبيرة . فمثلا إذا ما سافرنا على صاروخ لمدة سنة ، فإن باستطاعتنا ان نربح – اضافياً – سنة ونصف من الوقت . وإذا ما رحلنا سنتين فاننا سنربح ٢٨ سنة كذلك . اما خلال ثلاث سنوات من اقامتنا في الصاروخ ، فسينقضي في الأرض اكثر من ٣٦٠ سنة !

ان هذه الأرقام تبدو معزية إلى حد ما .

أما فيما يتعلق بالطاقة المستهلكة فان الأمر اسوأ . ذلك لأن الصاروخ المتحرك الذي يزن وزناً متواضعاً – طناً واحداً – يستهلك في حالة السفر بسرعة ٢٦٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية (هذه السرعة لازمة ا « مضاعفة » الوقت ، أي لكي تنقضي سنتان على الأرض خلال كل سنة من السفر في الصاروخ) طاقة قدرها ٢٥٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ ٠٠٠ كيلو واط/ساعة . إن هذه الكمية من الطاقة تولد في الكرة الأرضية كلها خلال عدة سنوات .

غير اننا قد حسبنا فقط الطاقة التي يستهلكها الصاروخ خلال السفر ، ولم نأخذ بعين الاعتبار أنه يجب علينا مقدماان نصل بسرعة صاروخنا الى سرعة ٢٦٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية ! كما يجب علينا ، عند انتهاء السفر ، أن نفرمل الصاروخ كي يستطيع الهبوط على الأرض بسلام . فما مقدار الطاقة اللازمة لذلك ؟

حتى إذا كان لدينا من الوقود ما يكفي لتزويدنا ، بسيل متدفق من المحرك النفاث للصاروخ ، بأكبر سرعة ممكنة – اي بسرعة الضوء ، فإن هذه الطاقة يجب أن تزيد عائتي مرة عن الكمية التي سبق حسابها . أي كان يجب علينا أن ننفق من الطاقة ما تنتجه البشرية خلال عدة عشرات من السنين . أما السرعة الحقيقية للسيل المتدفق من محركات الصاروخ فانها تقل عشرات ألوف المرات عن سرعة الضوء ، الأمر الذي يجعل استهلاك الطاقة اللازمة لسفرنا التخيلي فادحا إلى حد كبير .

الأشياء تختصر

لقد اقتنعنا ، لتونا ، بأن الوقت قد خلع عن عرش المفهوم المطلق، إذ أن له معنى نسبياً يتطلب إشارة دقيقة إلى المختبرات التي يجري فيها القياس .

ونعود الآن مرة اخرى إلى دراسة الفراغ . لقد اتضح لنا قبل وصف تجربة

مايكلسون أن الفضاء مفهوم نسبي . لكنه رغم نسبية الفضاء فإننا كنا نعتبر ان المقاييس الاجسام طابعاً مطلقاً . اي اننا كنا نعتبر أن هذه المقاييس من خصائص هذه الأجسام ، ولذا تتوقف على المختبر الذي نجري فيه المراقبة . غير أن نظرية النسبية تحملنا على نبذ هذا الاقتناع . ان هذا الاقتناع تماماً كتصورنا عن الزمن كمفهوم مطلق هو مجرد رأي خاطىء سابق ناشىء عن اننا نواجه دائماً سرعات صغيرة جداً بالمقارنة بسرعة الضوء .

ولنتصور ان قطار آينشتاين يمر برصيف محطة يبلغ من الطول ٢٤٠٠٠٠٠ كيلو متر .

فهل سيوافق على ذلك المسافرون في قطار آينشتاين ؟ سيقطع القطار المسافة ، من احد طرفي الرصيف الى الطرف الاخر ، حسب ما تشير اليه ساعة المحطة ، في مدى $\frac{٢٤٠٠٠٠٠}{٢٤٠٠٠٠} =$ ١٠ ثوان غير ان لدى المسافرين ساعتهم ، التي سيجتاز القطار — بموجبها — المسافة الواقعة بين طرفي الرصيف في فترة زمنية اقل . اننا نعلم ان هذا الوقت يعادل ٦ ثوان فقط . نتيجة لذلك فإن للمسافرين كل الحق في استنتاج ان طول الرصيف ليس ٢٤٠٠٠٠٠ كيلو متر بل ٢٤٠٠٠٠×٦ = ١٤٤٠٠٠٠ كيلو متر .

واذاً فاننا نرى ان طول الرصيف ، من وجهة نظر المختبر الساكن بالنسبة للرصيف اكبر مما هو الامر من وجهة نظر المختبر الذي يتحرك الرصيف بالنسبة له . ان كل جسم متحرك يختصر في اتجاه حركته .

غير ان هذا الاختصار لا يدل ابداً على مطلقية الحركة : ويكفينا ان نكون في موضع المختبر الثابت بالنسبة للجسم ، حتى يزداد الجسم طولاً من جديد . ويحدث نفس الشيء مع المسافرين الذين سيجدون ان الرصيف قد اختصر . اما الواقفون على الرصيف فسيبدو لهم ان قطار آينشتاين قد اختصر (بنسبة ٦:١٠).

ان هذا لن يكون مجرد خداع بصر . بل ان كل الاجهزة التي يمكن

استخدامها لقياس طول الاجسام ، ستدل على نفس الشيء .

وما دمنا قد علمنا ان الاشياء تختصر ، فيجب علينا ان نجـري تعديلاً على تصوراتنا التي سبق ان اشرنا اليها سابقاً والتي تتعلق بوقت فتح الابواب في قطار آينشتاين . فعندما كنا نحسب لحظة فتح الابواب ، من وجهة نظر المراقبين على رصيف المحطة ، كنا نعتبر ان طول القطار المتحرك لن يختلف عن طول القطار الثابت. بيد ان طول القطار قد اختصر بالنسبة للواقفين على الرصيف كما رأينا . ووفقاً لهذا فان الفترة الحقيقية بين فتح الابواب ستعادل من وجهة نظر ساعة المحطة بالفعل لا ٤٠ ثانية بل ٦/١٠ × ٤٠ = ٢٤ ثانية فقط .

وبالنسبة للاستنتاجات التي توصلنا اليها من قبل ، فانه ليست لهذا التعديل اية اهمية .

السرعات تتقلب

بأية سرعة يسير المسافر بالنسبة للسكة الحديدية ، اذا ما مشى الى رأس القطار بسرعة ٥ كيلو مترات في الساعة وكان القطار منطلقاً بسرعة ٥٠ كيلو متراً في الساعة ؟ من الواضح ان سرعة الانسان بالنسبة للسكة الحديدية تساوي ٥٠ + ٥ = ٥٥ كيلو متراً في الساعة . ان هذا التصور قائم على قانون جمع السرعات وليس لدينا اي شك في صحة هذا القانون . وفي الواقع ، سيجتاز القطار خلال ساعة واحدة ٥٠ كيلو متراً ، وسيجتاز الانسان في القطار خمسة كيلو مترات اخرى.فالمجموع ٥٥ كيلو متراً وهي المسافة التي سبق ان ذكرناها.

وانه لشيء مفهوم تماماً ان وجود حد اقصى للسرعة في العالم يحرم قانون جمع السرعات من الامكانية العامة لاستخدامه فيما يتعلق بالسرعة الكبيرة والصغيرة . فاذا كان المسافر يتحرك في قطار آينشتاين بسرعة ١٠٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية مثلا ، فان سرعة المسافر لا يمكن ان تساوي بالنسبة للسكة الحديدية ٢٤٠ ٠٠٠ + ١٠٠ ٠٠٠ = ٣٤٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية ، لان هذه

السرعة تزيد عن سرعة الضوء التي هي الحد الاعلى للسرعات ، ولذا فان وجودها في الطبيعة امر مستحيل .

واذاً فيتضح ان قانون جمع السرعات الذي نستخدمه في حياتنا الاعتيادية ، غير دقيق . انه عادل وصحيح فقط بالنسبة للسرعات التي تقل كثيراً عن الضوء .

ان القارىء المعتاد على جميع المفاجآت الموجودة في النظرية النسبية ، سيدرك بسهولة اسباب عدم تقبل التصور الذي قد يبدو واضحاً ، والذي استنتجنا لتونا بموجبه قانون جمع السرعات . ولهذا الغرض فقد جمعنا المسافة التي اجتازها القطار خلال ساعة واحدة بالنسبة للسكة الحديدية ، مع المسافة التي اجتازها المسافر في القطار .

ومن كل ذلك ينتج ان السرعتين اللتين يمكن مقارنة احداهما على الاقل بسرعة الضوء لا يمكن جمعهما بالطريقة التي اعتدنا على استخدامها . ويمكن بالتجربة رؤية تناقض هذا الجمع للسرعات وذلك بان نراقب مثلاً انتشار الضوء في الماء المتحرك (كما سبق ان ذكرنا) . اما واقع ان سرعة انتشار الضوء في الماء المتحرك لا تساوي مجموع سرعة الضوء في الماء الثابت وسرعة حركة الماء ، بل هي اقل من هذا المجموع ، فانما هو نتيجة مباشرة لنظرية النسبية .

وتنبغي الاشارة الى ان هناك طرافة فريدة في حالة جمع السرعتين ، اذا كانت احداهما تساوي ٣٠٠ ٠٠٠ كيلومتر في الثانية بالضبط . فهذه السرعة ، كما نعرف ، تمتاز بخاصية البقاء بدون تتغير مهما تحركت المختبرات التي نقوم بالمراقبة منها ، او بالاحرى فمهما كانت السرعة التي سنضيفها الى سرعة ٣٠٠ ٠٠٠ كيلو متر في الثانية ، فسنتوصل ولا بد الى نفس السرعة—٣٠٠ ٠٠٠ كيلومتر في الثانية .

ان عدم امكانية استخدام القاعدة الاعتيادية لجمع السرعتين يمكن ان يقارن

بوضع اخر بسيط هو الوضع التالي :

من المعروف ان مجموع زوايا المثلث المستوى ابـحـ يعادل زاويتين قائمتين . لنتصور الآن ان المثلث مرسوم على سطح الارض ، نظرا لكروية الارض فان مجموع زوايا هذا المثلث سيكون اكبر من مجموع الزاويتين القائمتين . وسيصبح هذا الفرق ملحوظاً فقط في الحالة التي يمكن فيها المقارنـة بين مقاييس المثلث ومقاييس الارض .

واذاً يمكننا ان نستخدم القاعدة الاعتيادية لجمع السرعات في حـالة السرعات الصغيرة ، تماماً كما يمكننا استخدام قواعـد قياس المساحات لقياس المساحات غير الكبيرة من الارض .

الباب السادس

الشغل يغير الكتلة

الكتلة

لنفرض أننا نريد أن نؤثر على جسم ساكن لكي يتحرك بسرعة معينة . لذلك يجب ان نؤثر على هذا الجسم بقوة ما . ففي هذه الحالة إذا لم تؤثر على هذا الجسم اية قوة خارجية تعيق حركته كقوة الإحتكاك مثلاً ، فان الجسم سيتحرك بسرعة تتزايد تدريجياً. وبعد مضي فترة معينة من الزمن يصبح بوسعنا زيادة سرعة الجسم إلى المقدار الذي نريده . وفي هذه الحالة فإننا نجد أنه لاكساب الأجسام المختلفة سرعة معينة واحدة تحت تأثير القوة المعطاة تتطلب فترات زمنية مختلفة .

ولكي يمكننا اهمال الإحتكاك فلنتصور أنه لدينا كرتان متساويتان في الحجم وموضوعتان في الفضاء الكوني ، احداهما من الرصاص والاخرى من الخشب. وسنقوم بشد كل من هاتين الكرتين بقوة متساوية، إلى أن تكتسبا سرعة تعادل عشرة كيلومترات في الساعة مثلاً .

وبديهي فان الحصول على هذه النتيجة ، سيتطلب التأثير بالقوة المعطاة لفترة زمنية اطول بالنسبة للكرة الرصاصية مما يستغرقه تأثير نفس القوة على الكرة الخشبية. ويقال في هذه الحالة ان للكرة الرصاصية كتلة اكبر مما للكرة الخشبية. وما دامت السرعة تتزايد عند تأثير قوة ثابتة على الجسم بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة، فاننا نعتبر ان مقياس الكتلة هو عبارة عن النسبة بين الفترة الزمنية

اللازمة للوصول إلى السرعة المعطاة ، ابتداء من حـــالة السكون وبين السرعة المذكورة. إن الكتلة تتناسب مع هذه النسبة ، مع ملاحظة أن معامل التناسب يتوقف على مقدار القوة التي تكسب الجسم حركته .

الكتلة تتزايد

وتعتبر الكتلة من أهم خواص الجسم . ولقد الفنا ان كتلة الاجسام لا تتغير على الاطلاق، وانها لا تعتمد على السرعة. وهذا ناتج عن التأكيد الذي ذكرناه في البداية والقائل أن السرعة تتناسب في حالة تأثير قوة ثابتة على الجسم تناسبـاً طردياً مع الفترة الزمنية لتأثير هذه القوة .

ان هذا التأكيد من جانبنا مبني على القاعدة المعتادة لجمع السرعات . غير أننا قد اثبتنا ، لتونا ، انه لا يمكن استخدام هذه القاعدة في جميع الحالات .

فماذا نفعل للتوصل الى السرعة المطلوبة في نهاية الثانية الثانية من بدء تأثير القوة ؟ اننا نجمع السرعة التي اكتسبها الجسم في نهاية الثانية الأولى مع السرعة التي اكتسبها خلال الثانية الثانية ونقوم بذلك طبقاًللقاعدة المعتادةلجمع السرعات.

ويمكننا ان نقوم بذلك ما دامت السرعة المكتسبة لم تبلغ حد مقارنتهـا بسرعة الضوء . ففي هذه الحالة لا يمكن استخدام هذه القاعدة القديمة . فاذا ما جمعنا السرعتين آخذين بعين الاعتبار نظرية النسبية ، فلا بد لنا من التوصل إلى نتيجة تكون دائماً أقل من النتيجة التي نحصل عليها لو استخدمنا قاعدة الجمع القديمة ، التي لا تصلح في هذه الحالة . ومعنى هذا أنه في حالة بلوغ السرعـة قدراً أكبر فانها لن تزداد بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة عـلى الجسم ، بل ستزداد أبطأ . وهذا أمر مفهوم لأن هناك حداً أقصى للسرعة .

وكلما اقتربت سرعة الجسم من سرعة الضوء ، فانها تزداد أبطأ فأبطأ ، عند تأثير القوة الثابتة عليها . ذلك لأنه لا يمكن تعدي الحد الأقصى للسرعة .

حتى ذلك الحين ، عندما كان في إمكاننـــا التأكيد بأن سرعة الجسم تتزايد

بازدياد الفترة الزمنية لتأثير القوة على الجسم فقد كان في وسعنا اعتبار أن الكتلة لا تعتمد على مقدار سرعة الجسم ولكن عندما تبلغ سرعة الجسم قدراً يمكن مقارنته بسرعة الضوء فإن التناسب بين الفترة الزمنية وسرعة الجسم يتلاشى وتبدأ الكتلة في هذه الحالة في الاعتماد على السرعة . ولما كان زمن العجلة يتزايد بلا حدود في حين أن السرعة لا يمكن أن تتعدى حداً معيناً ، فإننا نرى أن الكتلة تتزايد بازدياد السرعة حتى تبلغ مقداراً لا نهائياً عندما تساوي سرعة الجسم سرعة الضوء .

وتؤكد الحسابات أنه أثناء الحركة تتزايد كتلة الجسم بنفس القدر الذي يتناقص به طوله أثناء هذه الحركة . إذاً فإن كتلة قطار آينشتاين الذي يتحرك بسرعة ٢٤٠٠٠٠ كيلومتر في الثانية تزيد بـ $\frac{١٠}{٦}$ مرة عن كتلة القطار الساكن .

وبديهي أنه في حالة السرعات المعتادة الصغيرة بالمقارنة بسرعة الضوء ، فبوسعنا أن نهمل تغير الكتلة تماماً كما يمكننا إهمال ارتباط أبعاد الجسم بسرعته أو إهمال ارتباط الفترة الزمنية بين حدثين بالسرعة التي يتحرك بها مراقبو هذين الحدثين .

إننا نستطيع أن نتأكد من صحة اعتماد الكتلة على السرعة ، وهو الاعتماد الناتج عن النظرية النسبية ، من التجربة المباشرة ، عندما نراقب حركة الالكترونات السريعة .

ففي الظروف التجريبية الحديثة ، فان الالكترون المتحرك بسرعة تقترب من سرعة الضوء ، ليس بالشيء النادر ، بل هو ظاهرة اعتيادية . وهناك اجهزة خاصة لزيادة سرعة الالكترونات تزود فيها الالكترونات بسرعة تنقص عن سرعة الضوء بأقل من ٣٠ كيلومتراً في الثانية .

واذاً فان الفيزياء الحديثة قادرة على مقارنة كتلة الالكترونات المتحركة بسرعة هائلة ، بكتلة الالكتروات الساكنة . ولقد اكدت نتائج التجارب اعتماد الكتلة على السرعة ، وهو الأمر الذي يتفق ومبدأ نظرية النسبية .

ان تغير كتلة الجسم مرتبط كل الارتباط بالشغل المبذول عليه : ويتناسب هذا التغير تناسبا طردياً مع مقدار الشغل اللازم لاكتساب الجسم حركته . وليست هناك حاجة ، في هذه الحالة ، لبذل شغل لمجرد إكساب الجسم حركته. فان كل شغل يبذل على الجسم وكل ازدياد في طاقته يزيد كتلته . ولهذا فان الجسم الساخن له كتلة أكبر من الجسم البارد ، كما أن للزنبرك المضغوط كتلة أكبر من الزنبرك الحر . في الحقيقة فان معامل التناسب بين تغير الكتلة وتغير الطاقة صغير جداً : ولكي تزيد كتلة الجسم جراماً واحداً يجب ان تزوده بطاقة تبلغ ٢٥ مليون كيلوواط ساعة. ولذلك فان تغير كتلة الجسم في الظروف الاعتيادية ضئيل جداً ولا يمكن ملاحظته حتى بالأجهزة الدقيقة . فمثلاً تسخين طن من الماء ، من درجة الصفر حتى درجة الغليان ، سيؤدي الى زيادة كتلة الماء بما يقارب خمسة أجزاء من المليون من الجرام .

وإذا ما أحرقنا طنا من الفحم في فرن مغلق، فستكون لنواتج الاحتراق ، بعد تبريدها ، كتلة تقل بواحد من ثلاثة آلاف من الجرام عن كتلة الفحم والاكسجين التي تكونت منها . اما نقص الكتلة هذا فيرجع الى الحرارة التي فقدت اثناء احتراق الفحم .

غير ان الفيزياء الحديثة تعرف ظواهر يلعب فيها تغير كتلة الجسم دوراً كبيراً . منها مثلاً الظاهرة التي تحدث عند اصطدام النويات الذرية ، أي الظاهرة التي تتكون خلالها نويات جديدة من النويات الموجودة . فمثلاً عند اصطدام نواة ذرة الليثيوم بنواة ذرة الهيدروجين تتكون ذرتان من الهيليوم، وعند ذلك تتغير الكتلة بـ ١/٤٠٠ من مقدارها الإبتدائي .

وقد سبق لنا ان قلنا انه لزيادة كتلة الجسم جراماً واحداً ، ينبغي ان نزوده بطاقة تعادل ٢٥ مليون كيلوواط ساعة . ومن هذا يستنتج بأنه ، عند تحويل جرام واحد من خليط الليثيوم والهيدروجين الى هيليوم، فيتولد قدر من الطاقة

أقل بـ ٤٠٠ مرة ، أي : $\frac{٢٥٠٠٠٠٠٠}{٤٠٠}$ = ٦٠٠٠٠ كيلوواط ساعة !

ونجيب الآن على السؤال التالي : ما هي أغلى المواد الموجودة في الطبيعة (إذا ما نظرنا الى الوزن) ؟

لقد تعودنا اعتبار أن أغلى مادة هي الراديوم ، الذي كان الجرام الواحد منه يكلف حوالي ربع مليون روبل .

ولكن ، لنحدد الآن ثمن ... الضوء .

في المصابيح الكهربائية يتحول ١/٢٠ فقط من الطاقة إلى ضوء مرئي . ولهذا فإن جرام الضوء يعادل كمية شغل يزيد ٢٠ مرةعن ٢٥ مليون كيلوواط ساعة ، أي ٥٠٠ مليون كيلوواط ساعة . فاذا اعتبرنا أن ثمن الكيلوواط ساعةالواحد كوبيك[1]) واحد فسنصل الى ان ثمن الجرام من الضوء هو ٥ ملايين روبل . وهكذا فإن الجرام الواحد من الضوء أغلى من جرام الراديوم بعشرين مرة .

النتائج

وإذاً فان التجارب الدقيقة المقنعة تحملنا على الإعتراف بصحة نظرية النسبية التي تكشف عن الخواص المدهشة للعالم المحيط بنا ، أي تلك الخواص التي لا يمكن ملاحظتها عند دراسة الأشياء دراسة أولية ، أو بالاصح دراسة سطحية .

ولقد رأينا ما هي التغيرات الجوهرية العميقة التي تدخلها نظرية النسبية على المفاهيم والتصورات الأساسية التي تكونت لدى البشرية خلال قرون ، نتيجة لتجربة الحياة اليومية .

أفلا يعني هذا هزيمة التصورات الاعتيادية تماماً ؟

أفلا يعني هذا أن الفيزياء التي تكونت قبل ظهور مبدإ النسبية ، تشطب وتنبذ كحذاء مطاط قديم ولى أوان استعماله ؟

---

(١) الكوبيك هو أصغر وحدة نقدية في النقود السوفييتية ويساوي $\frac{١}{١٠٠}$ من الروبل.

لو كان الأمر كذلك لكان من غير المجدي القيام بالابحاث العلميـة ، لأنه لا يمكن للمرء أن يكون متأكداً تماماً من أنه لن يظهر في المستقبل علم جديد ينبذ القديم على الإطلاق .

ولنتصور راكباً يسافر لا في قطار آينشتاين بل في قطار ركاب عادي، وهو يريد ان يجري تعديلاً في توقيت القطار ، آخذاً بعين الاعتبـار نظرية النسبية ، خشية ان تتأخر ساعته عن ساعة المحطة . فلو حاول هذا الراكب عمل ذلك فعلاً ، لضحكنا منه . ففي الواقع ان هذا التعديل ليس إلا جزاء ضئيلاً تافهاً من الثانية ، فحتى مجرد اهتزاز القطار يؤثر اكثر بكثير على أفضل الساعات .

ان المهندس الخبير في الكيمياء الذي يتشكك فيما اذا بقيت كتلة الماء غـير متغيرة عند التسخين ام لا ، سيتسرب الخلل الى تفكيره . امـــا فيما يتعلق بالفيزيائي الذي يراقب اصطدام نويات الذرة ، والذي لا يأخذ بعين الاعتبار تغير الكتلة عند التحولات النووية ، فانه يجب ان يطرد من المختبر لجهله .

ان المصممين الذين يضعون تصميماتهم يستخدمون قوانين الفيزياء القديمة عند تصميم محركاتهم ، لان التعديلات الناشئة عن نظرية النسبية ، تؤثر على ماكيناتهم أقل بكثير من تأثير الجرثوم الذي يحط على حدافة الماكينة . اما الفيزيائي الذي يراقب الالكترونات السريعة ، فمن واجبه ان يأخذ بعين الاعتبار تغير كتلة الالكترونات الناشيء عن تغير السرعة .

وهكذا فان نظرية النسبية لا تفند بل تعمق المفـــاهيم والتصورات التي كونتها العلوم القديمة ، وتعين الحدود التي يمكن ، في نطاقها ، استخدام هــذه المفاهيم القديمة حتى لا تؤدي الى نتائج غير صحيحة . فان جميـع قوانين الطبيعة التي اكتشفها الفيزيائيون قبل ظهور نظرية النسبية ، لا تلغى ، بل تعين حدود استخدامها فقط

ان التناسب بين الفيزياء التي تأخذ بعين الاعتبار نظرية النسبية ، والتي تدعى بالفيزياء النسبية ، وبين الفيزياء القديمة التي يطلقون عليهـــا إسم الفيزياء الكلاسيكية (التقليدية) ،يشبه التناسب بين المساحة التطبيقية العليا التي تأخذ بعين الاعتبار كروية الارض وبين المساحة التطبيقية الدنيا التي لا تأخـــذ بعين

الاعتبار كروية الارض . ان المساحة التطبيقية العليا يجب ان تنبثق عن نسبية مفهوم الخط الرأس ، كما يجب ان تأخذ الفيزياء النسبية بعين الاعتبار نسبية مقاييس الجسم وفترات الزمن بين الحدثين ، مناقضة بذلك الفيزياء الكلاسيكية التي لا تأخذ بعين الاعتبار هذه النسبية .

وكما ان المساحة التطبيقية العليا هي تطور للمساحة التطبيقية الدنيا ، فان الفيزياء النسبية هي تطـــور وتوسع للفيزياء الكلاسيكية . ويمكننا ان نجري الانتقال من معادلات علم الهندسة الكروية ، اي علم الهندسة على سطح الكرة ، الى معادلات علم الهندسة المستوية ، أي علم الهندسة على السطح المستوي ، اذا ما اعتبرنا ان نصف قطر الارض كبير ، لا نهاية له . ففي هذه الحالة لن تكون الأرض كروية ، بل سطحاً مستوياً لا نهـاية له . أما الخط الرأسي فستكون له قيمته المطلقة . أي أن مجموع زوايا المثلث سيساوي ، بالضبط ، زاويتين قائمتين .

كما يمكننا ان نجري مثل هذا الانتقال في الفيزياء النسبية كذلك ، إذا مـا اعتبرنا ان سرعة الضوء هائلة لا نهاية لها ، اي ان الضوء ينتشر حالاً .

وفي الواقع فاذا كان الضوء ينتشر حالاً ، فان مفهوم الآنية يصبح مفهوماً مطلقاً كما رأينا سابقاً . وإن فترات الزمن بين الحوادث ومقـــاييس الأجسام تكتسب أيضاً معنى مطلقاً دون ان تؤخذ بعين الاعتبـــار تلك المختبرات التي يجري منها مراقبتها .

وإذاً فان جميـع التصورات الكلاسيكية يمكن الاحتفاظ بها ، إذا اعتبرنا ان سرعة الضوء لا نهاية لها .

غير ان كل محاولة للجمع بين سرعة الضوء المحدودة وبين الأحتفاظ بالمفاهيم القديمة عن الفراغ والزمن ستؤدي بنا إلى التردي في تلك الحالة المؤسية للإنسان الذي يعرف أن للأرض شكلا كرويا ، ولكنه واثق مع هـــذا من أن الخط الرأسي لتلك المدينة التي يقطن فيها هو خط رأسي مطلق فانه يخشى الابتعـاد كثيراً غن مكان سكنه لئلا يتهاوى في الفضاء الكوني .

المراجـــع

J. Anglas, d'Euclide à Einstein, Paris 1926.
Gaston Bachelard, La Valeur Inductive de la Théorie de la Relativité, Paris 1929.
Lincoln Barnett, The Universe and Dr. Einstein, 4th Ed., London, 1953.
E.G. Barter, Relatively and Reality, London, 1953.
B. Bourbon, Einstein a-t-il raison? Paris 1940.
Louis de Broglie, Continu et discontinu en Physique moderne Paris 1941.
Paul Couderc, La Relativité (Que sais-je?, 37), Paris 1949.
A.S. Eddington, Vues générales de la théorie de la Relativité (Trad. de l'Anglais), Paris 1924.
Albert Einstein, Quatre Conférences sur la théorie de la Relativité (Trad. de l'allemand), Paris 1925.
Albert Einstein, Comment je vois le monde (trad. de l'allemand), Paris 1939.
Albert Einstein, The Meaning of Relativity, 4th Ed. Princeton 1953.
Albert Einstein, Sur le problème cosmologique, théorie de la gravitation générale (trad. de l'anglais), Paris 1951.
Albert Einstein, Relativity (trad. de l'allemand) 15th Ed. London 1954.
Ernest Exlangon, La notion de temps, Paris 1938.
Lucien Fabre, Les théories d'Einstein, Paris 1921.
Philippe Frank, Einstein, sa vie et son temps, (trad. de l'anglais, Paris 1950.
M.M. Karpov, Les Idées philosophiques d'Einstein (trad. du russe) in Questions Scientifiques, tome I, Paris 1952.
Charles Nordmann, Einstein et l'Univers, Paris 1921.
P.A. Schlipp, Albert Einstein, Philosopher-Scientist, Evanston, 1949.
Erwin Schrödinger, Space-Time Structure 1e éd., Cambridge 1954.
H. Thirring, L'idée de la théorie de la Relativité, (trad. de l'allemand), Paris 1923.
Dr. J.H. Tummers, La théorie de la Relativité restreinte d'Einstein et la logique, Vanlo, 1922
Général Vouillemin, Introduction à la théorie d'Einstein, Paris, 1922.
Louis Warnant, Les théories d'Einstein, Paris 1922.

هذا الكتاب

ان اكثر ما يحيط بنظرية النسبية من غموض مرجعه تلك الصعوبة التي يجدها الانسان في القول بان الاحساس بالزمن — شأن الاحساس باللون — صورة من الادراك الحسي فكما ان اللون لا وجود له اذا لم توجد عين تميزه ، فكذلك الدقيقة والساعة ليسا شيئاً اذا لم تكونا امارة على حادثة ، وكما ان المكان ليس غير نظام الاشياء المادية فكذلك الزمان ليس غير نظام الحوادث .

ولقد الح آنشتين على هذه الفكرة : ذاتية الزمان ، ولم يكل عن ترديدها في جميع كتبه او اهمها على الاقل فقال في الصفحة الاولى من « اربع محاضرات في النظرية النسبية مثلاً » تبدو لنا خبرات الفرد منسقة في سلسلة من الحوادث وتبدو لنا كل حادثة من هذه السلسلة كأنما هي منتظمة تبعاً لمعيار « قبل » او « بعد » « والمتقدم » او « المتأخر » « والسابق » او « اللاحق » وبالتالي فلكل فرد « انا — زمان » او « زمان — شخصي او ذاتي . وهذا الزمان لا سبيل الى قياسه .

محمد عبد الرحمن مرحبا

دكتور دولة في الفلسفة